

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 096599

**DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA
METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN
JALUR REL GANDA (*DOUBLE TRACK*)
TRASE BANYUWANGI BARU - KALIBARU,
KAB. BANYUWANGI**

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113 041 027

Dosen Pembimbing 1
Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

Dosen Pembimbing 2
AMALIA FIRDAUS MAWARDI, ST., MT
NIP. 19770218 200501 2 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 096599

**DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA
METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN
JALUR REL GANDA (*DOUBLE TRACK*)
TRASE BANYUWANGI BARU - KALIBARU,
KAB. BANYUWANGI**

**DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113 041 027**

**Dosen Pembimbing 1
Ir. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001**

**Dosen Pembimbing 2
AMALIA FIRDAUS MAWARDI, ST., MT
NIP. 19770218 200501 2 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



APPLIED FINAL ASSIGNMENT - RC 096599

**GEOMETRIC DESIGN, STRUCTURE, WITH
METHOD OF IMPLEMENTATION DOUBLE
TRACK RAILWAY TRACE BANYUWANGI BARU
- KALIBARU, KAB. BANYUWANGI**

**DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113 041 027**

**Counsellor Lecturer 1
Ir. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001**

**Counsellor Lecturer 2
AMALIA FIRDAUS MAWARDI, ST., MT
NIP. 19770218 200501 2 002**

**DIPLOMA IV CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM
DEPARTEMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
FACULTY OF VOCATIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (*DOUBLE TRACK*) TRASE BANYUWANGI BARU –KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Terapan

Pada

Program Studi Diploma IV Teknik Sipil

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

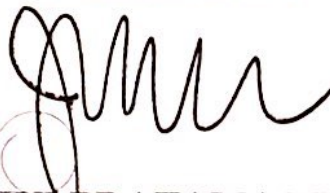
Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Surabaya, 27 Juli 2017

Disusun Oleh :

MAHASISWA



DWIKI PRATAMA PUTRA




NRP. 3113 041 027

Disetujui Oleh :

27 JUL 2017

DOSEN PEMBIMBING I

DOSEN PEMBIMBING II



27/7

IR. CHOMAEDHI, CES. GEO **AMALIA FIRDAUS MAWARDI, ST., MT**

NIP. 19550319 198403 1 001

NIP. 19770218 200501 2 002



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
 037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 7/11/2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Desain Geometrik, Struktur, Beserta Metode Pelaksanaan ^{Pembangunan} Perencanaan Jalur Rel Ganda (Double Track) Trase Banyuwangi Baru - Kalibaru, Kab. Banyuwangi		
Nama Mahasiswa	Dwiki Pratama Putra	NRP	3113041027
Dosen Pembimbing 1	Ir. Chomaedhi, CES.Geo. NIP 19550319 198403 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Amalia Firdaus M, ST. MT. NIP 19770218 200501 2 002	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
1. Revisi Judul : "Perencanaan diganti pembangunan" 2. Kontrol tebal dinding penahan	 Ir. Achmad Faiz Hadi P, MS. NIP 19630310 198903 1 004
1. Posisi ujung bawah tiang pancang selaraskan data tanah (Borlog yg ada) 2. Kontrol stabilitas dinding penahan tanah dikontrol M/W (perbaikan konstruksi)	 Ir. Djoko Sulistiono, MT. NIP 19541002 198512 1 001
	-
	NIP -
	-
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. Achmad Faiz Hadi P, MS. NIP 19630310 198903 1 004	Ir. Djoko Sulistiono, MT. NIP 19541002 198512 1 001	- NIP -	- NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Ir. Chomaedhi, CES.Geo. NIP 19550319 198403 1 001	Amalia Firdaus M, ST. MT. NIP 19770218 200501 2 002



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 DWIKI PRATAMA PUTRA 2
NRP : 1 3113 0410 27 2
Judul Tugas Akhir : DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN PERENCANAAN JALUR REL BANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU - KALIBARU, KAB. BANYUWANGI
Dosen Pembimbing : Ir. Chomaedhi, CES. Geo

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	16-02-2017	- Gambar di detailkan lagi. - Lengkapi drg skets/Gbr pa. Setiap per hit.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	27-02-2017	- Kontrol Getak pada dinding penahan tanah.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	30-03-2017	- Menghitung bangunan bawah jembatan kereta api		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	23-05-2017	- Hitung ulang tekanan tanah menggunakan Ka gempa		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 DWIKI PRATAMA PUTRA 2
NRP : 1 3113041027 2
Judul Tugas Akhir : DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN PERENCANAAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANG BARU - KALIBARU, KAB. BANYUWANG
Dosen Pembimbing : Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	7 Maret 2017	Kontrol h_n dan h_{max} harus sesuai dengan aturan, yaitu $h_n < h_{max}$		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	21 Maret 2017	Buat daftar isi yang terhitung dalam tabel, masukkan unit dalam contoh perhitungan.		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	21 April 2017	- Gambar saluran memanjang secara keseluruhan - Narasi pada setiap gambar, tabel dan perhitungan.		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	26 April 2017	- Potongan memanjang drainase		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

**DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA
METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL
GANDA (*DOUBLE TRACK*) TRASE BANYUWANGI BARU
– KALIBARU, KAB. BANYUWANGI**

Nama Mahasiswa : Dwiki Pratama Putra
NRP : 3113 041 027
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Chomaedhi, CES.Geo
Dosen Pembimbing 2 : Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT.

ABSTRAK

Berdasarkan Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNAS) Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan, April 2011, pada tahun 2030, terjadi peningkatan jumlah perjalanan orang menggunakan moda kereta api di Pulau Jawa yaitu sebesar 858,5 juta orang/tahun dan perjalanan barang di Pulau Jawa sebesar 534 juta ton/tahun sehingga akan mengakibatkan penumpukan perjalanan karena jalur kereta yang ada saat ini tidak dapat menampung volume perjalanan yang begitu besar. Oleh karena itu, pemerintah berencana untuk mengembangkan jaringan jalan rel di Jawa dengan program Double Track atau jalur ganda, antara lain pengembangan jalur tunggal menjadi jalur ganda lintas utara Jawa meliputi Jakarta – Surabaya hingga Banyuwangi agar dicapai pelayanan yang optimal.

Dalam Tugas Akhir ini dilakukan perencanaan double track pada ruas antara Stasiun Banyuwangi Baru dan Stasiun Kalibaru. Dimulai dari KM 18+484 hingga KM 37+390, trase jalur ganda direncanakan tetap mengacu pada trase eksisting dan dipertimbangkan pada kondisi tataguna lahan di kanan kiri jalur eksisting. Struktur atas (rel, penambat, bantalan, wesel,

sambungan), struktur bawah (balas, sub-balas), pematusan jalan rel, bangunan pelengkap seperti jembatan hingga metode pelaksanaan direncanakan sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.

Dari hasil perhitungan didapat penempatan trase jalur ganda sepanjang ± 51 km di sisi kanan dari arah Banyuwangi Baru ke Kalibaru dimana ketersediaan lahan terbuka lebih banyak dengan elevasi track baru setinggi elevasi track eksisting. Jalan rel didesain menggunakan jenis rel R.54 dengan lebar sepur 1067 mm, kecepatan rencana maksimum 100 km/jam, tebal balas 55 cm dan sub-balas 20 cm, menggunakan bantalan beton dengan jarak 60 cm dan jenis penambat pandrol elastis ganda, jembatan tipe rangka baja dengan bentang 30 meter dengan menggunakan tiang pancang sedalam 12 meter. Sehingga bisa dijadikan saran pembandingan bagi Pemerintah Daerah dalam membangun jaringan jalan rel kedepannya.

Kata kunci : Trase Jalan Kereta Api, Desain Geometrik, Struktur Rel, Metode Pelaksanaan, Stabilitas Badan Jalan, Sistem Drainase, Jembatan Kereta

**GEOMETRIC DESIGN, STRUCTURE, WITH
IMPLEMENTATION METHOD OF DOUBLE TRACK
RAILWAY TRACE BANYUWANGI BARU - KALIBARU,
KAB. BANYUWANGI**

Name : Dwiki Pratama Putra
Registration number : 3113 041 027
Departement : Civil Infrastructure Engineering
Counsellor Lecturer 1 : Ir. Chomaedhi, CES.Geo
Counsellor Lecturer 2 : Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT.

ABSTRACT

Based on the National Railway Master Plan (RIPNAS) Directorate General of Railways Ministry of Transportation, April 2011, in 2030, there was an increase in the number of people traveling using railway mode in Java, which amounted to 858.5 million person / year and travel goods in Java amounted to 534 Million tonnes / year so that will lead to travel accumulation because the existing train line can not accommodate such a large travel volume. Therefore, the government plans to develop a railway network in Java with Double Track or double track program, among others the development of a single track into a double path across the north of Java covering Jakarta - Surabaya to Banyuwangi in order to achieve optimal service.

In this final project is done double track planning on segment between Banyuwangi Baru Station and Kalibaru Station. Starting from KM 18 + 484 to KM 37 + 390, the double track trajectory is planned to refer to the existing trace and be considered in the land use condition on the left-right of the existing route. Top structures (rails, hoists, bearings, drafts, connections), bottom structures (reply, sub-reply), railroads, auxiliary buildings

such as bridges to implementation methods are planned in accordance with Regulation of the Minister of Transportation. 60 Year 2012 About Railway Technical Requirements.

From the calculation results obtained placement of double track trace along ± 51 km on the right side of the direction of Banyuwangi Baru to Kalibaru where the availability of more open land with a new elevation track as high as the existing track elevation. The railway is designed using the R.54 rail type with 1067 mm rail width, maximum plan speed of 100 km / h, 55 cm thick and 20 cm subclasses, using concrete pads 60 cm and double elastic pandrol type, Steel frame with a span of 30 meters by using a pile as deep as 12 meters. So it can be used as a comparison suggestion for Local Government in building the rail road network in the future.

Keywords: Railway Traffic, Geometric Design, Railway Structure, Implementation Method, Slope Stability, Drainage System, Railway Bridge

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas berkah dan rahmatnya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan dengan judul “Desain Geometrik, Struktur, Beserta Metode Pelaksanaan Pembangunan Jalur Rel Ganda (*Double Track*) Trase Banyuwangi Baru – Kalibaru, Kab. Banyuwangi”. Penulis memilih judul tersebut agar bisa merencanakan jalur rel ganda mulai dari desain geometrik, struktur jalan rel, hingga metode pelaksanaannya.

Tersusunnya Proposal Tugas Akhir ini tidak lepas dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada:

1. Kedua orang tua dan saudara-saudara kami tercinta, sebagai penyemangat terbesar bagi kami, yang telah banyak memberikan dukungan moril maupun materiil, serta do'anya.
2. Bapak Ir. Chomaedi, CES.Geo dan Ibu Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir terapan.
3. Teman-teman terdekat yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuan dan saran-saran yang telah diberikan selama proses pengerjaan tugas akhir terapan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir terapan ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir terapan ini.

Akhir kata, semoga apa yang penulis sajikan dalam laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis dan semua pihak.

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat	3
1.6 Peta Lokasi	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geometrik Jalan Rel	5
2.1.1 Lengkung Vertikal	5
2.1.2 Lengkung Horizontal	6
2.2 Kriteria Jalan rel	8
2.2.1 Klasifikasi	8
2.2.2 Lebar Sepur	8
2.2.3 Peninggian Rel	9
2.2.4 Penampang Melintang	10
2.2.5 Kelandaian	11
2.3 Struktur Jalan Kereta Api	12
2.3.1 Tipe dan Karakteristik Penampang Rel	12

2.3.2	Jenis rel menurut panjangnya	13
2.3.3	Bantalan	13
2.3.4	Balas.....	14
2.3.5	Stabilisasi Badan Jalan	15
2.3.6	Sambungan Rel	15
2.3.7	Penambat	15
2.3.8	Wesel.....	16
2.3.9	Dinding Penahan Tanah	17
2.4	Bangunan Pelengkap Jalan Kereta Api	18
2.4.1	Sistem Drainase.....	18
2.4.2	Jembatan Kereta Api	19
2.5	Metode Pelaksanaan.....	21
2.5.1	Komponen Jalan Rel	21
2.5.2	Pemilihan Alat Berat	21
BAB III	.....	17
METODOLOGI	.....	17
3.1	Dasar dan Diagram Alir Perencanaan	17
3.2	Langkah – langkah Perencanaan	17
3.2.1	Pekerjaan Persiapan.....	17
3.2.2	Studi Literatur	17
3.2.3	Analisa Data	18
3.2.4	Pengolahan Data.....	19
3.3	Bagan Alir.....	21
BAB IV	.....	23
KONSTRUKSI JALAN KERETA API	.....	23
4.1	Perencanaan Geometrik Jalan Kereta Api	23
4.1.1	Perencanaan Lengkung Horizontal Trase Jalan KA	23
4.1.2	Perencanaan Lengkung Vertikal Trase Jalan KA	28

4.2	Perencanaan Struktur Rel Kereta Api.....	30
4.2.1	Penentuan Gaya Yang Bekerja Pada Rel.....	30
4.2.1.1	Gaya Vertikal	30
4.2.1.2	Gaya Horizontal	32
4.2.2	Penentuan Profil Rel.....	34
4.2.3	Penentuan Tipe Bantalan Beton	35
4.2.3.1	Data umum Bantalan	35
4.2.3.2	Pembebanan Pada Bantalan.....	36
4.2.4	Perencanaan Balas.....	40
4.2.4.1	Perhitungan Tebal Balas Dibawah 2 Bantalan.....	40
4.2.5	Stabilitas Badan Jalan Kereta Api	42
4.2.6	Perencanaan Sambungan	49
4.2.6.1	Penentuan Letak Lubang Baut.....	49
4.2.6.2	Gaya yang bekerja pada baut penyambung	49
4.2.6.3	Menentukan Lebar Celah Sambungan.....	51
4.2.7	Perencanaan Penambat	52
4.2.8	Penentuan Wesel Pada Emplacement	53
4.2.9	Perencanaan Dinding Penahan Tanah	54
4.2.9.1	Dimensi Dinding Penahan Tanah	54
4.2.9.2	Menghitung Berat Dinding Penahan Tanah.....	55
4.2.9.3	Menghitung Tekanan Tanah Aktif dan Pasif	56
4.2.9.4	Menghitung Stabilitas Dinding Penahan Tanah.....	57
BAB V	.....	65
KONSTRUKSI BANGUNAN PELENGKAP	.....	65
5.1	Perencanaan Drainase Jalan Kereta Api.....	65
5.1.1	Curah Hujan Harian Maksimum	65
5.1.2	Perhitungan Parameter Statistik Data	66
5.1.3	Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	67

5.1.4	Perhitungan Debit Air Rencana.....	67
5.1.5	Perhitungan Dimensi Saluran Rencana	69
5.2	Perencanaan Jembatan Kereta Api	75
5.2.1	Data Perencanaan Jembatan	75
5.2.2	Perencanaan Gelagar Memanjang	75
5.2.2.1	Pembebanan akibat beban mati	75
5.2.2.2	Pembebanan akibat beban hidup	76
5.2.2.3	Pembebanan akibat beban rem	77
5.2.2.4	Pembebanan akibat beban angin.....	77
5.2.3	Kombinasi pembebanan beban mati dan beban hidup.....	79
5.2.4	Kontrol Desain Gelagar Memanjang	79
5.2.4.1	Kontrol Lentutan	79
5.2.4.2	Kontrol Tegangan Geser.....	80
5.2.4.3	Kontrol Momen Lentur.....	81
5.2.5	Perencanaan Gelagar Melintang.....	81
5.2.6	Kontrol Desain Gelagar Melintang.....	82
5.2.6.1	Kontrol Lentutan	82
5.2.6.2	Kontrol Tegangan Geser.....	83
5.2.6.3	Kontrol Momen Lentur.....	84
5.2.7	Perencanaan Profil Rangka.....	84
5.2.7.1	Perencanaan Profil Rangka Diagonal	85
5.2.7.2	Perencanaan Profil Rangka Horizontal	86
5.2.8	Perencanaan Ikatan Angin.....	88
5.2.8.1	Perencanaan Ikatan Angin Bawah	88
5.2.8.2	Perencanaan Ikatan Angin Atas.....	90
5.2.9	Perencanaan Ikatan Tumbuk	91
5.2.10	Perencanaan Sambungan	93
5.2.10.1	Gelagar Memanjang Dengan Gelagar Melintang	93

5.2.10.2	Gelagar Melintang Dengan Rangka Batang	95
5.2.10.3	Rangka Batang Horizontal Bawah.....	97
5.2.10.4	Rangka Batang Horizontal Atas	99
5.2.10.5	Rangka Batang Diagonal	100
5.2.11	Perencanaan Elastomer.....	102
5.2.11.1	Data-Data :	102
5.2.11.2	Perhitungan Elastomer.....	102
5.2.11.2.1	Faktor Bentuk	102
5.2.11.2.2	Kontrol.....	103
5.2.11.2.3	Hasil.....	105
5.2.12	Perencanaan Abutment.....	106
5.2.12.1	Pembebanan Pada Abutment	106
5.2.12.2	Kombinasi Pembebanan	116
5.2.12.3	Kontrol Stabilitas Guling.....	119
5.2.12.4	Kontrol Stabilitas Geser	120
5.2.12.5	Pancang Abutment	122
5.2.12.6	Penulangan Abutment	131
BAB VI	.....	145
METODE PELAKSANAAN	.....	145
6.1	Penjelasan Umum	145
6.2	Mobilisasi dan Demobilisasi	145
6.3	Pekerjaan Persiapan	145
6.4	Pekerjaan Tanah Dasar.....	146
6.4.1	Pekerjaan Galian	148
6.4.2	Pekerjaan Timbunan dan Pemadatan.....	151
6.5	Pekerjaan Lapis Dasar (Subgrade)	153
6.6	Pekerjaan Sub-balas	154
6.7	Pekerjaan Balas	156

6.8	Pemasangan Bantalan.....	158
6.9	Pemasangan Rel	159
6.10	Pemasangan Penambat Elastis.....	160
6.11	Plat Besi Penyambung.....	161
BAB VII	.....	163
KESIMPULAN	.....	163
7.1	Kesimpulan	163
7.2	Saran	164
DAFTAR PUSTAKA	.....	165
LAMPIRAN	.....	167

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Trase Eksisting Kereta Api di Kabupaten Banyuwangi.....	4
Gambar 2. 1 Lengkung Spiral-Circle-Spiral (SCS).....	7
Gambar 2. 2 Lebar Jalan Rel 1067 mm.....	8
Gambar 2. 3 Peninggian Elevasi Rel (h) Pada Lengkung Jalur Ganda	10
Gambar 2. 4 Penampang Melintang Jalan Rel Bagian Lurus.....	10
Gambar 2. 5 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lurus Jalur Ganda.....	11
Gambar 2. 6 Dump Truck.....	21
Gambar 2. 7 Tandem Roller.....	22
Gambar 2. 8 Vibro Roller.....	22
Gambar 2. 9 Excavator.....	23
Gambar 2. 10 Motor Grader.....	23
Gambar 2. 11 Bulldozer	24
Gambar 2. 12 Ballast Distributing and Profiling Machine.....	24
Gambar 4. 1 Skema Lengkung Horizontal	25
Gambar 4. 2 Skema Lengkung Vertikal	28
Gambar 4. 3 Gaya Vertikal.....	30
Gambar 4. 4 Lokomotif CC-203	31
Gambar 4. 5 Gaya Horizontal.....	32
Gambar 4. 6 Bantalan Beton Tipe N-67	36
Gambar 4. 7 Pot B-B Bantalan Beton Tipe N-67	36
Gambar 4. 8 Pot A-A Bantalan Beton Tipe N-67	36
Gambar 4. 9 Distribusi Momen Bantalan.....	36
Gambar 4. 10 Potongan Memanjang Bantalan N-67.....	37
Gambar 4. 11 Distribusi Tegangan Akibat Beban Gandar	40
Gambar 4. 12 Ruas Jalan Kereta Api KM 71+390.....	43

Gambar 4. 13 Sketsa Penampang Melintang KM 71+390	43
Gambar 4. 14 Data Tanah Lapangan Terdekat.....	44
Gambar 4. 15 Pemodelan Beban Pada Plaxis 8.6.....	45
Gambar 4. 16 Hasil Analisa Tegangan Tanah Plaxis 8.6	45
Gambar 4. 17 Hasil Analisa Displacement Plaxis 8.6.....	46
Gambar 4. 18 Safety Faktor Pada Program Geoslope.....	46
Gambar 4. 19 Pemodelan Beban Plaxis 8.6 Untuk Perbaikan Tanah.....	47
Gambar 4. 20 Hasil Analisa Tegangan Tanah Perbaikan Plaxis 8.6	47
Gambar 4. 21 Hasil Analisa Displacement Tanah Perbaikan Plaxis 8.6	48
Gambar 4. 22 Safety Faktor Pada Program Geoslope.....	48
Gambar 4. 23 Sambungan Pada Rel	50
Gambar 4. 24 Jalur Eksisting KM 12+580 – KM 12+680	54
Gambar 4. 25 Rencana Dinding Penahan Tanah.....	54
Gambar 4. 26 Berat Sendiri Dinding Penahan Tanah	55
Gambar 4. 27 Tekanan Tanah Pada Dinding Penahan	56
Gambar 4. 28 Letak Titik O Pada Dinding Penahan	57
Gambar 4. 29 Tegangan Tanah Pada Dasar Dinding Penahan Tanah.....	62
Gambar 4. 30 Kekuatan Struktur Pada Tiap Potongan.....	63
 Gambar 5. 1 Catchment Area	 67
Gambar 5. 2 Rencana Saluran Drainase	69
Gambar 5. 3 Beban Merata Akibat Beban Mati Gelagar Memanjang.....	76
Gambar 5. 4 Beban Merata Akibat Beban Hidup Gelagar Memanjang.....	76
Gambar 5. 5 Beban Angin Pada Jembatan Rangka	78
Gambar 5. 6 Beban Pada Gelagar Melintang	82
Gambar 5. 7 Frame Rangka Batang Pada SAP 2000	84
Gambar 5. 8 Rencana Perletakan Elastomer	105

Gambar 5. 9 Desain Rencana Abutment Jembatan	106
Gambar 5. 10 Denah Rencana Konfigurasi Tiang Pancang Abutment	130
Gambar 6. 1 Struktur Pekerjaan Tanah	148
Gambar 6. 2 Perataan Tanah Dengan Buldozer	148
Gambar 6. 3 Motor Grader	149
Gambar 6. 4 Pemadatan Dengan Tandem Roller	149
Gambar 6. 5 Tes Uji Sandcone Lapangan	150
Gambar 6. 6 Pengangkutan Material Timbunan Dengan Dump Truck	151
Gambar 6. 7 Perataan Timbunan Dengan Motor Grader	152
Gambar 6. 8 Titik Pengambilan Sampel.....	153
Gambar 6. 9 Tumpukan Material Balas	157
Gambar 6. 10 Pengisian Balas Pada Rongga Bantalan	158
Gambar 6. 11 Ballast Distributing and Profiling Machine.....	158
Gambar 6. 12 Pemasangan Bantalan.....	159
Gambar 6. 13 Pengangkatan Rel	160
Gambar 6. 14 Pemasangan Rel.....	160
Gambar 6. 15 Komponen Pada Penambat Elastis	161
Gambar 6. 16 Sambungan Baut Pada Jalan Rel	162
Gambar 6. 17 Sambungan Las Termit.....	162

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jari-jari min. Lengkung vertikal	5
Tabel 2. 2 Jari-Jari Minimum Yang Diijinkan	6
Tabel 2. 3 Klasifikasi Jalan Rel 1067 mm.....	8
Tabel 2. 4 Peninggian Jalan Rel 1067 mm	9
Tabel 2. 5 Penampang Melintang Jalan Rel	11
Tabel 2. 6 Pengelompokan Lintas Berdasarkan Pada Kelandaian	12
Tabel 2. 7 Landai Penentu Maksimum.....	12
Tabel 2. 8 Kelas Jalan dan Tipe Relnya	13
Tabel 4. 1 Perhitungan Lengkung Horizontal	26
Tabel 4. 2 Perhitungan Lengkung Vertikal	29
Tabel 4. 3 Penyelesaian Fungsi Trigonometri dan Hiperbolik	38
Tabel 4. 4 Penyelesaian Fungsi Trigonometri dan Hiperbolik	39
Tabel 4. 5 Letak Wesel Pada Emplasemen	53
Tabel 4. 6 Momen Akibat Berat Sendiri Struktur Dinding Penahan Tanah	58
Tabel 4. 7 Momen Akibat Tekanan Tanah Aktif	58
Tabel 4. 8 Momen Akibat Tekanan Tanah Pasif.....	58
Tabel 5. 1 Data Curah Hujan Harian Maksimum Sta. Hujan Banyuwangi.....	65
Tabel 5. 2 Perhitungan Parameter Statistik Data.....	66
Tabel 5. 3 Perhitungan Drainase Jalan Kereta Api.....	71
Tabel 5. 4 Berat Sendiri Abutment.....	107
Tabel 5. 5 Kelas Situs.....	110
Tabel 5. 6 Faktor Amplifikasi Untuk Periode 0 Detik dan 02 Detik (F_{PGA}/F_a).....	111
Tabel 5. 7 Tabel Nilai Faktor Amplifikasi Untuk Periode 1 Detik (F_y).....	112

Tabel 5. 8 Faktor Modifikasi Respons (R) Untuk Hubungan Antar Elemen Struktur.....	113
Tabel 5. 9 Faktor Modifikasi Respons (R) Untuk Bangunan Bawah.....	114
Tabel 5. 10 Momen Akibat Gempa	114
Tabel 5. 11 Beban Akibat Tekanan Tanah	116
Tabel 5. 12 Rekapitulasi Beban Tegangan Kerja Abutment	116
Tabel 5. 13 Kombinasi 1 Beban Tegangan Kerja Abutment.....	117
Tabel 5. 14 Kombinasi 2 Beban Tegangan Kerja Abutment.....	117
Tabel 5. 15 Kombinasi 3 Beban Tegangan Kerja Abutment.....	118
Tabel 5. 16 Kombinasi 4 Beban Tegangan Kerja Abutment.....	118
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Kombinasi Pembebanan Tegangan Kerja Abutment.....	119
Tabel 5. 18 Kontrol Stabilitas Guling Arah X.....	119
Tabel 5. 19 Kontrol Stabilitas Guling Arah Y.....	120
Tabel 5. 20 Kontrol Stabilitas Geser Arah X	121
Tabel 5. 21 Kontrol Stabilitas Geser Arah Y	122
Tabel 5. 22 Rekapitulasi Kombinasi Pembebanan Tegangan Kerja	128
Tabel 5. 23 Repetisi Beban Diatas Tiang Pancang Kelompok Aabutment	129
Tabel 5. 24 Beban Layan Pilecap Abutment	131
Tabel 5. 25 Beban Ultimate Pilecap Abutment	131
Tabel 5. 26 Rekapitulasi Kombinasi Beban Ultimate Pilecap...	132
Tabel 5. 27 Repetisi Beban Ultimate Diatas Ttiang Pancang Kelompok Abutment	132
Tabel 5. 28 Momen Akibat Tekanan Tanah Pada Stopper Abutment.....	139
Tabel 5. 29 Momen Akibat Gempa Pada Stopper Abutment	140
Tabel 5. 30 Beban Akibat Tekanan Tanah	141
Tabel 5. 31 Kombinasi Momen Ultimate Long Stopper	142

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Banyuwangi merupakan kabupaten terluas di Jawa Timur dengan luas wilayah 5.782,40 km² dan memiliki jumlah penduduk mencapai 1.564.833 jiwa, akan tetapi belum memiliki prasarana transportasi yang optimal dan memadai. Angkutan penumpang dan barang yang berlebihan berpotensi merusak jalan raya dan menimbulkan kemacetan. Oleh karena itu dibutuhkan moda transportasi alternatif untuk membantu mengurangi beban jalan raya. Kereta Api merupakan moda transportasi darat berbasis jalan rel yang efisien dan efektif. Hal ini dibuktikan dengan daya angkutnya baik berupa manusia ataupun barang yang lebih besar dibandingkan dengan moda transportasi darat lainnya. Tetapi dengan jalur tunggal yang ada sekarang sering terjadi penundaan kereta yang menyebabkan keterlambatan kedatangan maupun keberangkatan kereta. Oleh karena itu, pemerintah berencana untuk mengembangkan jaringan jalan rel di Jawa dengan program *double track* atau jalur ganda Jakarta-Surabaya-Banyuwangi.

Pada tulisan ini, penulis akan mendesain perencanaan jalur ganda (*double track*) dari Stasiun Banyuwangi Baru KM 18+484 sampai Stasiun Kalibaru KM 37+390 di Kabupaten Banyuwangi sejauh ± 51 km. Dengan kondisi topografi yang bermacam macam tentu perlu adanya kontrol terhadap stabilitas terhadap badan jalan dan dibuatkan dinding penahan tanah agar tidak terjadi longsor serta perlu adanya jembatan penghubung ketikal rel melewati sungai. Kondisi rel eksisting digunakan oleh penulis sebagai dasar penentuan trase perencanaan dengan sedikit modifikasi pada geometrik baru dan struktur jalan rel tersebut sesuai dengan topografi wilayah. Dengan tujuan yaitu menjadikan jalur kereta api yang semula dengan sistem *single track* menjadi *double track*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah penulis uraikan tersebut di atas, maka permasalahan yang dapat dirumuskan pada Proyek Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan geometrik jalan kereta api.
2. Merencanakan perhitungan struktur konstruksi jalan rel yang meliputi penentuan profil rel, tipe bantalan, tebal balas, perhitungan sambungan, pemilihan jenis penambat, dan penentuan letak wesel.
3. Menghitung stabilitas badan jalan dan dinding penahan tanah.
4. Merencanakan perhitungan struktur bangunan pelengkap yang meliputi jembatan dan drainase.
5. Menentukan metode pelaksanaan.

1.3 Tujuan

Dengan berlandaskan pada perumusan masalah, maka tujuan dari penulisan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan geometrik jalan kereta api.
2. Mendapatkan perhitungan struktur konstruksi jalan rel.
3. Mendapatkan stabilitas badan jalan dan dinding penahan tanah.
4. Mendapatkan perhitungan struktur jembatan dan drainase.
5. Mendapatkan metode pelaksanaan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Daerah perencanaan hanya di Kabupaten Banyuwangi, mulai dari Stasiun Banyuwangi Baru KM 18+484 sampai Stasiun Kalibaru KM 37+390.
2. Tidak membahas persinyalan dan infrastruktur kereta api lain (stasiun/emplasemen, dipo, rumah sinyal).
3. Tidak membahas perkiraan biaya.
4. Tidak menghitung galian dan timbunan.

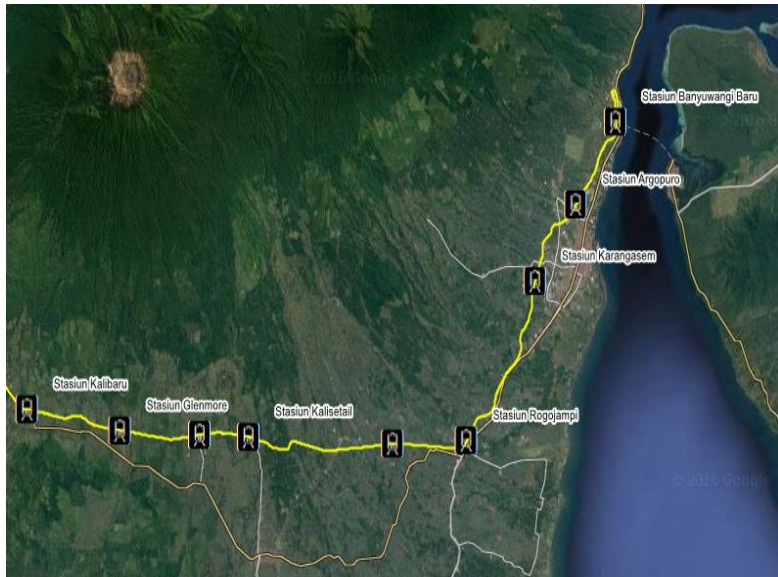
5. Hanya merencanakan satu jembatan kereta api.
6. Tidak membahas pembebasan lahan.

1.5 Manfaat

Dalam penyusunan tugas akhir terapan ini, mahasiswa diharapkan mampu, kreatif, serta inovatif dalam menyusun tugas akhir terapan. Penyusunan tugas akhir ini bermanfaat bagi mahasiswa, institusi, serta instansi terkait. Dan diharapkan mahasiswa mampu merencanakan jalan kereta api baik dari gambar maupun perhitungan perencanaan dalam bentuk tugas akhir. Dari penyusunan tugas akhi ini manfaat yang dapat diambil

1. Untuk dijadikan sebagai proyek akhir yang menjadi syarat kelulusan dari Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
2. Mahasiswa mampu mengaplikasikan keseluruhan ilmu yang telah diperoleh selama proses kuliah.
3. Mahasiswa mendapat ilmu tambahan dibidang teknik sipil, khususnya tentang konstruksi jalan rel.

1.6 Peta Lokasi



Gambar 1. 1 Trase Eksisting Kereta Api di Kabupaten Banyuwangi
Sumber : Website GIS Banyuwangi

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geometrik Jalan Rel

Geometrik jalan direncanakan berdasarkan pada kecepatan rencana serta ukuran – ukuran kereta yang melewatinya dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan, ekonomi dan keserasian dengan lingkungan sekitar.

2.1.1 Lengkung Vertikal

Alinyemen vertikal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel tersebut. Alinyemen vertikal terdiri dari garis lurus, dengan atau tanpa kelandaian, dan lengkung vertikal yang berupa busur lingkaran. Perhitungan lengkung vertikal dapat menggunakan persamaan :

$$X_m = \frac{R}{2} \cdot \varphi \dots\dots\dots(2.1)$$

$$Y_m = \frac{R}{8} \cdot \varphi \dots\dots\dots(2.2)$$

Tabel 2. 1 Jari-jari min. Lengkung vertikal

Kecepatan Rencana (Km/Jam)	Jari-jari Minimum Lengkung Vertikal (Meter)
Lebih besar dari 100	8000
Sampai 100	6000

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan, 2012

Letak lengkung vertikal diusahakan tidak berimpit atau bertumpangan dengan lengkung horizontal.

2.1.2 Lengkung Horizontal

Alinemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang horizontal, alinemen horizontal terdiri dari garis lurus dan lengkungan. Dua bagian lurus, yang perpanjangannya saling membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung yang berbentuk lingkaran, dengan atau tanpa lengkung-lengkung peralihan. Alinemen horizontal yang digunakan pada perencanaan adalah lengkung Spiral-Circle-Spiral (SCS)

Tabel 2. 2 Jari-Jari Minimum Yang Diijinkan

Kecepatan Rencana (km/ jam)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran tanpa lengkung peralihan (m)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan dengan lengkung peralihan (m)
120	2370	780
110	1990	660
100	1650	550
90	1330	440
80	1050	350
70	810	270
60	600	200

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan, 2012

Lengkung busur lingkaran dengan lengkung peralihan lengkung Spiral-Circle-Spiral (SCS)

$$H = 5,95 \cdot \frac{(V_{rencana})^2}{jari-jari} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$L_n = 0,01 h V \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana : L_n = panjang minimum lengkung (m)

h = pertinggian relatif antara dua bagian yang dihubungkan (mm)

V = kecepatan rencana untuk lengkung peralihan

2.2 Kriteria Jalan rel

2.2.1 Klasifikasi

Daya angkut lintas, kecepatan maksimum, beban gandar dan ketentuan-ketentuan lain untuk setiap kelas jalan, tercantum pada table 2.3.

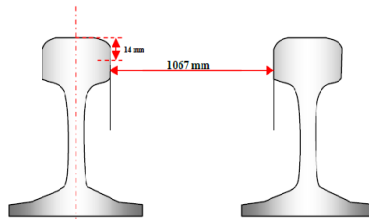
Tabel 2. 3 Klasifikasi Jalan Rel 1067 mm

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
					Jarak antar sumbu bantalan (cm)			
I	$> 20.10^6$	120	18	R.60/R.54	Beton 60	Elastis Ganda	30	60
II	$10.10^6 - 20.10^6$	110	18	R.54/R.50	Beton/Kayu 60	Elastis Ganda	30	50
III	$5.10^6 - 10.10^6$	100	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda	30	40
IV	$2,5.10^6 - 5.10^6$	90	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda/ Tunggal	25	40
V	$< 2.5.10^6$	80	18	R.42	Kayu/Baja 60	Elastis Tunggal	25	35

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan, 2012

2.2.2 Lebar Sepur

Lebar jalan rel terdiri dari 1067 mm dan 1435 mm. Lebar jalan rel merupakan jarak minimum kedua sisi kepala rel yang diukur pada 0-14 mm dibawah permukaan teratas rel.



Gambar 2. 2 Lebar Jalan Rel 1067 mm

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan, 2012

2.2.3 Peninggian Rel

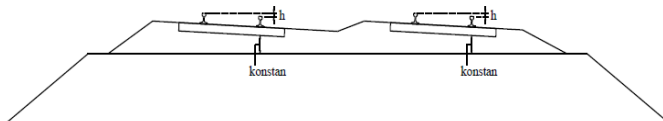
Pada lengkungan, elevasi rel luar dibuat lebih tinggi dari pada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dialami oleh rangkaian kereta. Peninggian rel dicapai dengan menempatkan rel dalam pada tinggi semestinya dan rel luar lebih tinggi. Besar peninggian untuk lebar jalan rel 1067 mm pada berbagai kecepatan rencana tercantum pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Peninggian Jalan Rel 1067 mm

Jari-jari (m)	Peninggian (mm) pas (km/ hr)						
	120	110	100	90	80	70	60
100							
150							
200							110
250							90
300						100	75
350					110	85	65
400					100	75	55
450				110	85	65	50
500				100	80	60	45
550			110	90	70	55	40
600			100	85	65	50	40
650			95	75	60	50	35
700		105	85	70	55	45	35
750		100	80	65	55	40	35
800	110	90	75	65	50	40	30
850	105	85	70	60	45	35	30
900	100	80	70	55	45	35	30
950	95	80	65	55	45	35	25
1000	90	75	60	50	40	30	25
1100	80	70	55	45	35	30	20
1200	75	60	55	45	35	25	20

1300	70	60	50	40	30	25	20
1400	65	55	45	35	30	25	20
1500	60	50	40	35	30	20	15
1600	55	45	40	35	25	20	15
1700	55	45	35	30	25	20	15
1800	50	40	35	30	25	20	15
1900	50	40	35	30	25	20	15
2000	45	40	30	25	20	15	15
2500	35	30	25	20	20	15	10
3000	30	25	20	20	15	10	10
3500	25	25	20	15	15	10	10
4000	25	20	15	15	10	10	10

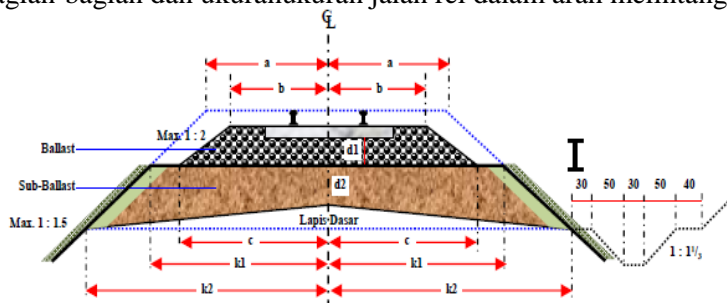
Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan, 2012



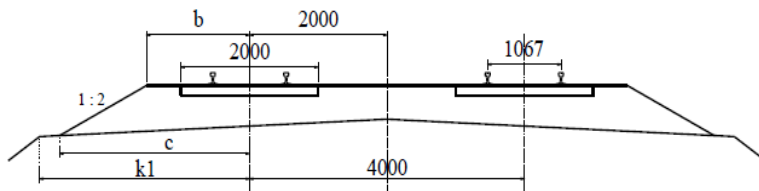
Gambar 2. 3 Peninggian Elevasi Rel (h) Pada Lengkung Jalur Ganda

2.2.4 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan rel adalah potongan pada jalan rel, dengan arah tegak lurus sumbu jalan rel, dimana terlihat bagian-bagian dan ukuran-ukuran jalan rel dalam arah melintang.



Gambar 2. 4 Penampang Melintang Jalan Rel Bagian Lurus



Gambar 2. 5 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Bagian Lurus Jalur Ganda

Tabel 2. 5 Penampang Melintang Jalan Rel

KELAS JALAN	V Maks (km/jam)	d1 (cm)	b (cm)	C (cm)	k2 (cm)	d2 (cm)	e (cm)	k2 (cm)
I	120	30	150	235	265	15-50	25	375
II	110	30	150	235	265	15-50	25	375
III	100	30	140	225	240	15-50	22	325
IV	90	25	140	215	240	15-35	20	300
V	80	25	135	210	240	15-35	20	300

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan, 2012

2.2.5 Kelandaian

a. Pengelompokan Lintas

Berdasarkan pada kelandaian dari sumbu dan rel dapat dibedakan atas 4 (Empat) kelompok seperti yang tercantum pada tabel berikut:

Tabel 2. 6 Pengelompokan Lintas Berdasarkan Pada Kelandaian

Kelompok	Kelandaian
Emplasemen	0 sampai 1,5 %
Lintas datar	0 sampai 10 %
Lintas Pegunungan	10 sampai 40 %
Lintas dengan rel gigi	40 sampai 80 %

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan, 2012

b. Landai Penentu

Landai penentu adalah suatu kelandaian (pendakian) yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus. Besar landai penentu terutama berpengaruh pada kombinasi daya tarik lokomotif dan rangkaian yang dioperasikan. Untuk masing-masing kelas jalan rel, besar landai penentu adalah seperti yang tercantum dalam tabel berikut.

Tabel 2. 7 Landai Penentu Maksimum

Kelas Jalan Rel	Landai penentu maksimum (%)
1	10
2	10
3	20
4	25
5	25

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan, 2012

2.3 Struktur Jalan Kereta Api

2.3.1 Tipe dan Karakteristik Penampang Rel

Tipe rel untuk masing-masing kelas jalan tercantum pada tabel

Tabel 2. 8 Kelas Jalan dan Tipe Relnya

Kelas Jalan	Tipe Rel
I	R.60 / R.54
II	R.54 / R.50
III	R.54 / R.50 / R.42
IV	R.54 / R.50 / R.42
V	R.42

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan, 2012

2.3.2 Jenis rel menurut panjangnya

Menurut panjangnya dibedakan tiga jenis rel, yaitu:

1. Rel Standar memiliki panjang 25 m
2. Rel pendek adalah rel yang memiliki panjang maksimal 100 m
3. Rel Panjang adalah rel yang panjang minimumnya tercantum pada tabel 2.7.

Tabel 2. 9 Panjang Minimum Rel Panjang

Jenis bantalan	Tipe Rel			
	R. 42	R. 50	R. 54	R.60
Bantalan kayu	325 m	375 m	400 m	450 m
Bantalan beton	200 m	225 m	250 m	275 m

Sumber : PD 10 Tahun 1986

2.3.3 Bantalan

Bantalan berfungsi meneruskan beban dari rel ke balas, menahan lebar sepur dan stabilitas ke arah luar jalan rel. Bantalan dapat terbuat dari kayu, baja, ataupun beton. Pemilihan didasarkan pada kelas yang sesuai dengan klasifikasi jalan rel Indonesia.

Menentukan momen tepat dibawah kaki rel bantalan :

$$M_{C/D} = \frac{P_d \times 60\%}{4 \times \lambda} \times \frac{1}{\sinh \lambda L + \sin \lambda L} [2 \cosh^2 \lambda a (\cos 2\lambda c + \cosh \lambda L) - 2 \cos^2 \lambda a (\cosh 2\lambda c + \cos \lambda L) - \sinh 2\lambda a (\sin 2\lambda c + \sinh \lambda L) - \sin 2\lambda a (\sinh 2\lambda c + \sin \lambda L)] \dots \dots \dots (2.13)$$

Menentukan momen ditengah bantalan :

$$M_O = - \frac{P_d \times 60\%}{2 \times \lambda} \times \frac{1}{\sinh \lambda L + \sin \lambda L} [\sinh \lambda c (\sin \lambda c + \sin \lambda(L-c)) + \sin \lambda c (\sinh \lambda c + \sinh \lambda(L-c)) + \cosh \lambda c \cos \lambda(L-c) - \cos \lambda c \cosh \lambda(L-c)] \dots \dots \dots (2.14)$$

2.3.4 Balas

Lapisan balas pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar, dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel, oleh karena itu material pembentuknya harus sangat terpilih.

$$x = \frac{b}{2 \times h} \times \tan \alpha \times P \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana : x = Tegangan yang terjadi (kg/cm²)

b = Lebar bantalan (cm)

h = Tebal balas rencana (cm)

α = Sudut penyebaran tekanan (batu pecah = 60°)

P = Tekanan gandar kereta api (kg)

Rumus Terzaghi untuk mencari daya dukung tanah.

$$q_{ult} = 1,3.c.N_c + q.N_q + 0,4.\gamma.B.N_\gamma \dots \dots \dots (2.16)$$

$$x_{ijin} = \frac{q_{ult}}{FK}$$

Dimana : q_{ult} = Daya dukung tanah ultimate (kg/cm²)

FK = Faktor keamanan (FK = 2)

x_{ijin} = Tegangan tanah ijin (kg/cm²)

2.3.5 Stabilisasi Badan Jalan

1. Badan jalan harus mampu memikul beban kereta api dan stabil terhadap bahaya kelongsoran.
2. Stabilitas lereng badan jalan dinyatakan dengan faktor keamanan (FK) yang mengacu pada kekuatan geser tanah di lereng tersebut, sekurang-kurangnya sebesar 1,5 untuk beban statis dan sekurang-kurangnya 1,1 untuk beban gempa.
3. Daya dukung tanah dasar harus lebih besar dari seluruh beban yang berada di atasnya, termasuk beban kereta api, beban konstruksi jalan rel bagian atas dan beban tanah timbunan untuk badan jalan di daerah timbunan.

2.3.6 Sambungan Rel

Sambungan rel adalah konstruksi yang mengikat dua ujung rel sedemikian rupa sehingga operasi kereta api tetap aman dan nyaman.

Baut plat penyambung harus kuat menahan gaya sebagai berikut (dalam penjelasan Peraturan Dinas No. 10).

$$H = T' + T'' \dots\dots\dots(2.17)$$

$$M = H \times (a + b + c) \dots\dots\dots(2.18)$$

$$M' = H \times (a + b) \dots\dots\dots(2.19)$$

$$M'' = T'' \times (a + b) + T' \times c \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

H = Gaya lateral yang bekerja di tengah-tengah plat penyampung

T' dan T'' = Gaya tarik baut sebelah luar dan dalam

M' dan M'' = Momen peralihan sebelah dalam dan luar plat antara pusat tekanan rel yang akan disambung

M = Momen total arah lateral

2.3.7 Penambat

Gaya yang terjadi pada alat penambat :

1. Akibat pemuaian (sepanjang daerah muai $L = 250 \text{ m}$)

$$F_1 = \frac{G \times E \times A}{L} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana : G = Lebar celah

E = Modulus elastisitas rel ($2,1.10^6 \text{ kg/cm}^2$)

A = Luas penampang rel

L = Panjang rel

2. $F_2 = f \times Pd \dots\dots\dots(2.22)$

Dimana : f = koefisien geser rel yang tergantung pada kecepatan kereta api

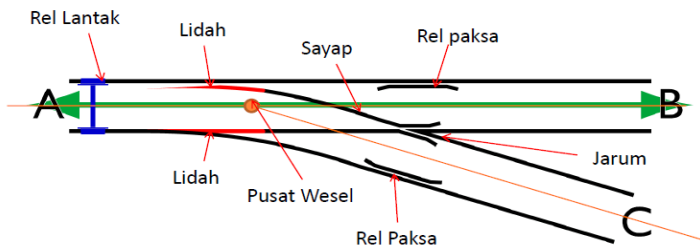
$V = 100 \text{ km/jam}$, maka $f = 0,29$

$$F_{\text{tot}} = F_1 + F_2 < \text{Kuat Jepit Penambat}$$

2.3.8 Wesel

Wesel merupakan konstruksi jalan rel yang paling rumit dengan beberapa persyaratan dan ketentuan pokok yang harus dipatuhi. Untuk pembuatan komponen-komponen wesel yang penting khususnya mengenai komposisi kimia dari bahannya. Wesel terdiri atas komponen – komponen sebagai berikut :

1. Lidah
2. Jarum beserta sayap – sayapnya
3. Rel lantak
4. Rel paksa
5. Sistem penggerak



Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan, 2012

2.3.9 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Tanah yang tertahan memberikan dorongan secara aktif pada struktur dinding sehingga struktur cenderung akan terguling atau akan tergeser.

Menghitung koefisien tekanan tanah aktif dan pasif. Perhitungannya sebagai berikut :

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.23)$$

$$K_p = \frac{1}{K_a} \dots \dots \dots (2.24)$$

Tekanan tanah aktif dan pasif masing-masing bidang.

- Tekanan tanah aktif

$$P_a = \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma t \times H^2 \dots \dots \dots (2.25)$$

- Tekanan tanah pasif

$$P_p = \frac{1}{2} \times K_p \times \gamma t \times H^2 \dots \dots \dots (2.26)$$

Kontrol Stabilitas meliputi :

1. Stabilitas Guling

$$F_{gl} = \frac{\text{Momen yang akan melawan}}{\text{Momen yang akan menggulingkan}} > 1,5 \dots \dots \dots (2.27)$$

2. Stabilitas Geser

$$F_{gs} = \frac{\Sigma W \tan \phi + c B + P_p}{P_a} > 2 \dots \dots \dots (2.28)$$

Dimana : W = Berat dinding penahan tanah

B = Lebar pondasi dinding penahan tanah

c = Kohesi tanah

P_p = Tekanan tanah pasif

P_a = Tekanan tanah aktif

φ = Geser tanah

3. Daya Dukung Tanah

$$q_{\text{ijin}} = \frac{q_u}{FK} \dots \dots \dots (2.29)$$

Dimana : q_{ijin} = Tegangan ijin tanah (t/m^2)

q_u = Tegangan ultimate tanah (t/m^2)

FK = Faktor keamanan ($FK = 3$)

$$q_{\text{maks, min}} = \frac{P}{F} \pm \frac{M}{W} \dots \dots \dots (2.30)$$

Dimana $q_{\text{maks, min}}$ = Tegangan kontak pada dasar dinding penahan tanah (t/m^2)

P = Beban pada pondasi (ton)

F = Luas dasar pondasi (m^2)

M = Momen yang bekerja terhadap pusat dasar pondasi (ton.m)

W = Momen penahan = $1/6 LB^2$ (m^3)

Kontrol

$q_{\text{ijin}} > q_{\text{maks, min}}$

4. Kekuatan struktur terhadap retak

$$q_{\text{maks, min}} < q_{\text{ijin}}$$

Dimana : q_{ijin} = Tegangan ijin bahan
(batu kali 150 t/m^2)

$q_{\text{maks, min}}$ = Tegangan pada struktur dinding penahan tanah (t/m^2)

2.4 Bangunan Pelengkap Jalan Kereta Api**2.4.1 Sistem Drainase**

Sistem drainase, yaitu sistem pengaliran pembuangan air disuatu daerah jalan rel agar tidak sampai terjadi penggenangan. Ukuran penampang saluran harus cukup besar sehingga mampu membuang debit air hujan yang menuju padanya (strom water runoff). Bila dinyatakan dengan rumus, maka :

$$Q_2 > 1,20 Q_1 \dots \dots \dots (2.31)$$

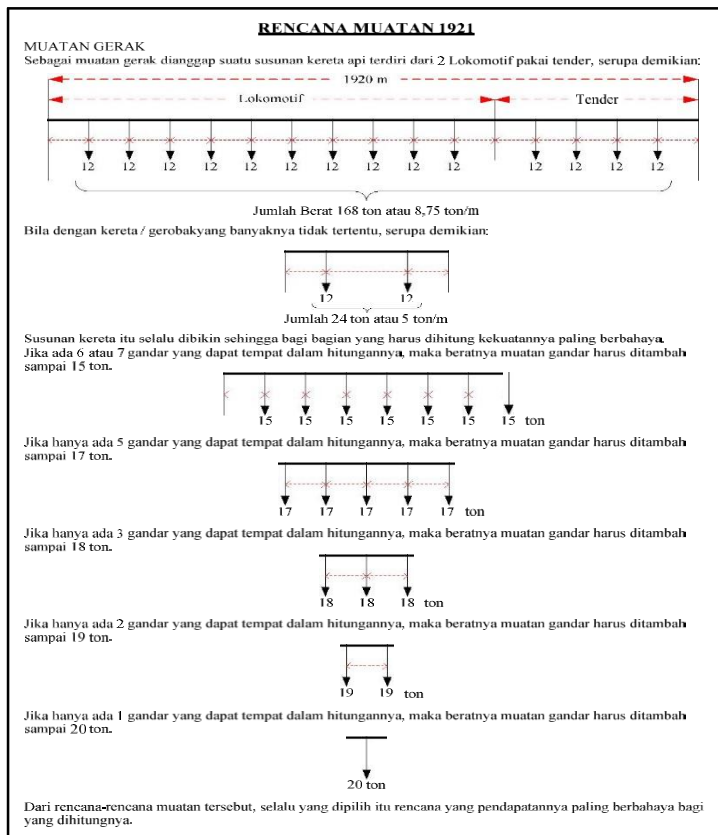
2.4.2 Jembatan Kereta Api

Sistem jembatan harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Beban gandar

Untuk beban gandar sampai dengan 18 ton dapat digunakan skema rencana muatan 1921 (RM 21) sebagaimana tersebut dalam Tabel 2.10. Untuk beban gandar lebih besar dari 18 ton, rencana muatan disesuaikan dengan kebutuhan tekanan gandar.

Tabel 2. 10 Skema Pembebanan Rencana Muatan 1921 (RM 21)



Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan, 2012

2. Lendutan

Lendutan didefinisikan sebagai besaran penyimpangan (*deflection*) yang tidak boleh melebihi persyaratan koefisien terhadap panjang teoritis. Koefisien lendutan maksimum jembatan baja, sebagaimana tersebut dalam Tabel 2.11

Tabel 2. 11 Koefisien Lendutan Maksimum Jembatan Baja

Jenis	Gelagar			Rangka Batang
Jenis Kereta	L (m)	L < 50	L ≥ 50	Seluruh Rangka
Lokomotif		L / 800	L / 700	L / 1000
Kereta Listrik dan/atau Kereta	V (km/h)	V < 100	L / 700	
		100 < V ≤ 130	L / 800	L / 700
		100 < V ≤ 130	L / 1100	L / 900

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan, 2012

3. Stabilitas konstruksi

Pada bangunan atas yang terdiri dari balok memanjang, melintang, struktur rangka utama, dan ikatan angin kontrol kestabilan profil antara lain :

- Kontrol momen lentur.
- Kontrol tegangan geser.
- Kontrol tegangan putus dan leleh profil.

Stabilitas konstruksi untuk jembatan bagian bawah adalah kapasitas daya dukung tanah dan kekuatan konstruksi yang diperhitungkan dari jumlah kombinasi pembebanan yang terdiri dari beban-beban vertikal jembatan bagian atas, beban horisontal (gempa, angin, tekanan tanah), dan momen guling.

2.5 Metode Pelaksanaan

2.5.1 Komponen Jalan Rel

1. Badan jalan
 - a. Badan jalan di daerah timbunan
 - Tanah dasar
 - Tanah timbunan; dan
 - Lapis dasar (*subgrade*).
 - b. Badan jalan di daerah galian
 - Tanah dasar
 - Lapis dasar (*subgrade*).
2. Sub-balas
3. Balas
4. Bantalan
5. Alat penambat
6. Rel

2.5.2 Pemilihan Alat Berat

1. Dump Truck

Dump truk biasa digunakan untuk mengangkut barang semacam pasir, kerikil atau tanah untuk keperluan konstruksi.



Gambar 2. 6 Dump Truck

2. Tandem Roller

Alat untuk memadatkan tanah yang akan diratakan sehingga tanah menjadi padat. Biasanya alat digunakan pembuatan jalan, baik untuk jalan tanah dan jalan dengan perkerasan lentur maupun perkerasan kaku.



Gambar 2. 7 Tandem Roller

3. Vibro Roller

Secara umum vibratory roller adalah suatu alat pemadat yang menggabungkan antar tekanan dan getaran. Vibrator roller mempunyai efisiensi pemadatan yang baik. Alat ini memungkinkan digunakan secara luas dalam tiap jenis pekerjaan pemadatan.



Gambar 2. 8 Vibro Roller

4. Excavator

Salah satu alat jenis kendaraan alat berat yang digunakan dalam berbagai kegiatan penggalian dan pengerukan.



Gambar 2. 9 Excavator

5. Motor Grader

Fungsi utama dari grader adalah meratakan, memotong gundukan dan mengisi lubang. Grader juga dapat digunakan untuk pengupasan lapisan atas yang hendak dibuang, atau dikurangi, mencampur material dan meratakan/ menyebarkan lagi.



Gambar 2. 10 Motor Grader

6. Bulldozer

Bulldozer merupakan traktor yang mempunyai traksi besar. Alat berat ini digunakan untuk pekerjaan menggali, mendorong, menggosur dan menarik material (tanah, pasir, dsb). Bulldozer dapat dioperasikan pada medan yang berlumpur, berbatu, berbukit dan di daerah yang berhutan.



Gambar 2. 11 Bulldozer

7. Ballast Distributing and Profiling Machine

Fungsi dari Ballast Distributing and Profiling Machine yaitu merapikan susunan/struktur balas yang tidak sesuai agar rapi, membersihkan balas-balas yang tersisa setelah penebaran balas supaya tidak ada balas yang melenceng dari badan rel, dan tidak ada balas yang ketebalannya melebihi permukaan bantalan rel.



Gambar 2. 12 Ballast Distributing and Profiling Machine

BAB III METODOLOGI

Dalam bab 3 dijelaskan tentang metode penyusunan yang digunakan dalam perencanaan Jalur Rel Ganda (*Double Track*) diantaranya sebagai berikut :

3.1 Dasar dan Diagram Alir Perencanaan

Sebagai dasar penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

Peraturan Menteri Perhubungan – Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api

3.2 Langkah – langkah Perencanaan

Untuk memperjelas metodologi dalam pengerjaan Tugas Akhir dijelaskan dalam pembahasan berikut.

3.2.1 Pekerjaan Persiapan

Proses ini merupakan tahap awal untuk mendapatkan data terkait yang hendak dijadikan bahan penelitian. Proses pada tahap persiapan diantaranya :

1. Pembuatan Surat Perijinan
Pembuatan surat perijinan dilakukan guna mendapatkan izin peminjaman data terhadap pihak yang bersangkutan.
2. Peminjaman Data
Data perencanaan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini berlandaskan pada data yang didapat dari pihak terkait yang dalam hal ini pihak yang bersangkutan adalah PT. KAI DAOP 9 Jember.

3.2.2 Studi Literatur

Mempelajari berbagai sumber informasi yang mampu menunjang dalam pengerjaan Tugas Akhir yang dalam hal ini diantaranya :

1. Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 – Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api
2. Modul Ajar Geometrik Jalan Kereta Api

3.2.3 Analisa Data

Dalam tugas akhir terapan ini hanya menggunakan data sekunder yang meliputi :

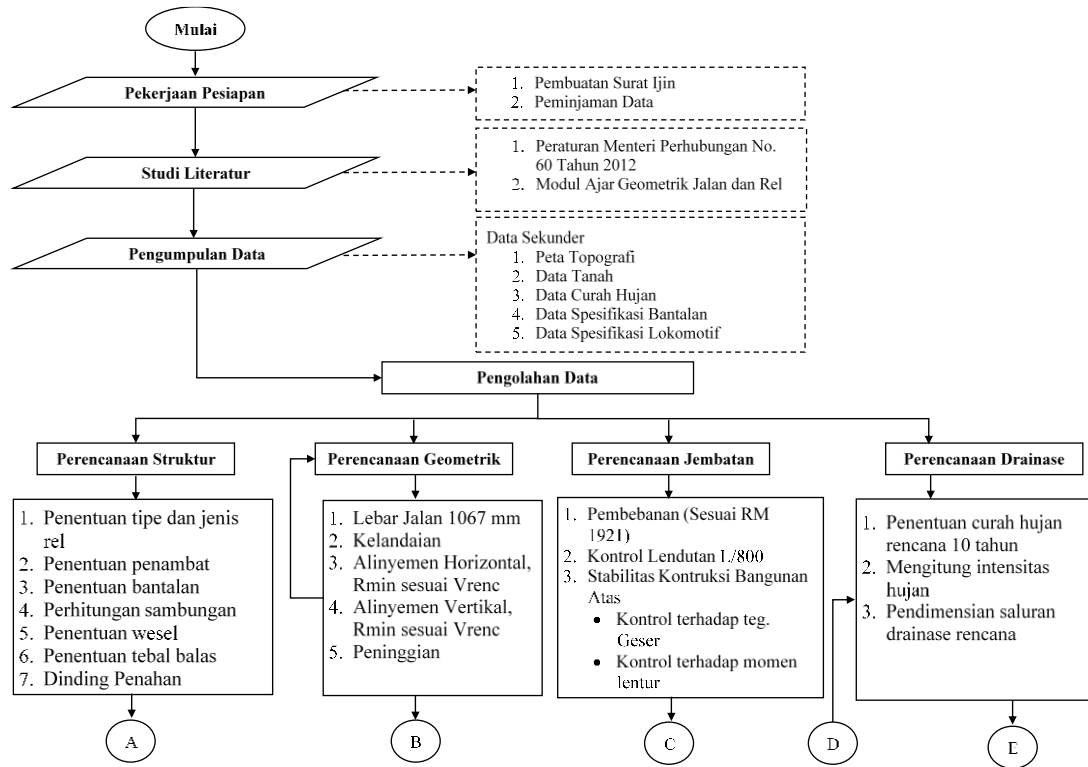
1. Peta Topografi
Untuk mengetahui elevasi permukaan tanah pada lokasi perencanaan yang dalam hal ini menggunakan Peta Topografi Kabupaten Banyuwangi yang diperoleh dari Bappeda Banyuwangi.
2. Data Tanah
Untuk melakukan perhitungan stabilitas pada badan jalan, perhitungan dinding penahan tanah, dan perhitungan bangunan bawah jembatan kereta api. Data tanah diperoleh dari Dinas PU Banyuwangi dan Lab. Tanah Teknik Infrastruktur Sipil.
3. Data Curah Hujan
Untuk melakukan desain perencanaan drainase. Data hujan diperoleh dengan mengunduh di situs resmi BPS Banyuwangi.
4. Data Spesifikasi Lokomotif
Data moda transportasi yang digunakan dalam tugas akhir terapan adalah lokomotif dengan spesifikasi yang diperoleh dari Buku Informasi Perkeretaapian Tahun 2014.
5. Data Spesifikasi Bantalan
Untuk mengetahui spesifikasi produk yang sesuai dengan perencanaan bantalan. Dalam hal ini menggunakan spesifikasi produk bantalan dari WIKA Beton.

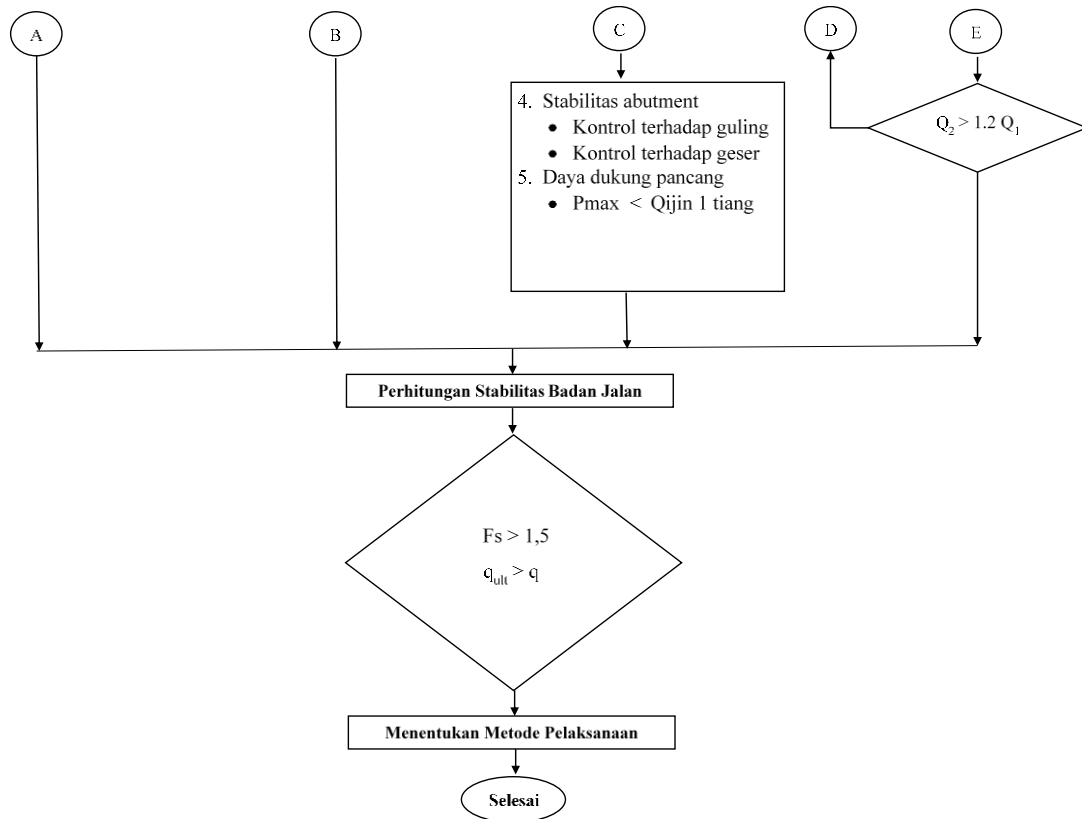
3.2.4 Pengolahan Data

1. Perencanaan Geometrik
Perhitungan yang digunakan dalam perencanaan tugas akhir terapan ini diantaranya :
 - a. Alinyemen Horizontal
 - b. Alinyemen Vertikal
2. Perencanaan Struktur
Perencanaan struktur jalan rel yang digunakan diantaranya tentang penentuan
 - a. Profil rel
Penentuan dimensi rel yang akan digunakan dalam perencanaan
 - b. Sambungan
Perencanaan tentang jenis sambungan, penempatan posisi sambungan serta perhitungan baut penyambung
 - c. Penambat
Pemilihan tentang jenis penambat yang akan digunakan
 - d. Bantalan
Perencanaan tentang penentuan tipe bantalan yang digunakan, penentuan jarak bantalan serta perhitungan kemampuan momen yang bekerja.
 - e. Balas-Sub balas
Perencanaan tentang pemilihan meterial balas yang digunakan serta perhitungan tebal lapisan.
 - f. Wesel
Perencanaan tentang pemilihan wesel yang tepat pada persimpangan di emplasemen.

- g. Dinding Penahan.
Perencanaan dimensi dinding penahan tanah pada tebing yang dilalui trek baru jalan kereta api. Kemudian dikontrol stabilitas yang meliputi geser, guling, dan daya dukung tanahnya.
- 3. Perencanaan Bangunan Pelengkap
Dalam perencanaan bangunan pelengkap meliputi :
 - a. Drainase
Perencanaan dimensi saluran drainase berdasarkan data hujan dan cathment area setempat.
 - b. Jembatan Rangka
Perencanaan bangunan atas jembatan rangkan dan bangunan bawah berdasarkan data tanah terdekat.
- 4. Stabilitas Badan Jalan Rel
Apabila tanah tidak cukup kuat, atau penurunan yang diperkirakan akan terjadi melebihi persyaratan, dan pada lereng timbunan akan terjadi kelongsoran, maka perlu diadakan perbaikan tanah.
- 5. Metode Pelaksanaan
Menentukan metode pelaksanaan pembangunan untuk trek baru jalan kereta api yang akan di buat jalur ganda.

3.3 Bagan Alir





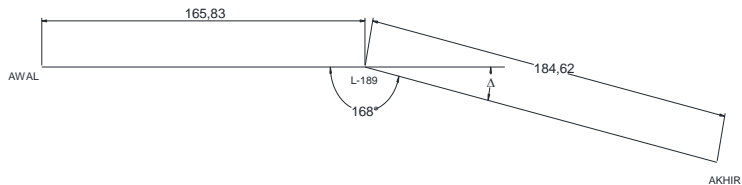
BAB IV KONSTRUKSI JALAN KERETA API

4.1 Perencanaan Geometrik Jalan Kereta Api

4.1.1 Perencanaan Lengkung Horizontal Trase Jalan KA

Dalam perencanaan lengkung horizontal menggunakan parameter lengkung *Spiral – Circle – Spiral*. Adapun langkah-langkah dalam menghitung parameter lengkung tersebut diatas adalah sebagaimana berikut.

Contoh perhitungan lengkung horizontal L-189 antara KM 37+731.45 sampai KM 37+832.10



Sudut eksisting = 168° (Sumber : KAI Daop 9 Jember)

$V_{rencana} = 90 \text{ km/jam}$

$\Delta = 180^\circ - 168^\circ = 12^\circ$

$R_{rencana} = 500 \text{ m}$ (mengikuti trase eksisting)

- Peninggian sisi luar rel

$$h = 5,95 \times \frac{V^2}{R}$$

$$= 5,95 \times \frac{90^2}{500}$$

$$= 96,39 \text{ mm} < h \text{ maks} = 97,2 \text{ mm}$$

- Panjang minimum lengkung peralihan

$$L_h = 0,01 \times h \times V = 0,01 \times 96,39 \times 90 = 86,75 \text{ m}$$

- Sudut spiral

$$\theta_s = \frac{90 \times Lh}{\pi \times R} = \frac{90 \times 86,75}{\pi \times 500} = 4,973^\circ$$

$$\begin{aligned}\Delta_c &= \Delta - 2 \times \theta_s \\ &= 12^\circ - 2 \times 4,973^\circ = 2,05^\circ\end{aligned}$$

- Panjang busur lingkaran

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s) \times \pi R}{180} = \frac{(12 - 2 \times 4,973) \times \pi \times 500}{180} = 17,92 \text{ m}$$

- Panjang titik koordinat lengkung peralihan

$$\begin{aligned}p &= \frac{Lh^2}{6 \times R} - R \times (1 - \cos \theta_s) \\ &= \frac{86,75^2}{6 \times 500} - 500 \times (1 - \cos 4,973) = 0,63 \text{ m}\end{aligned}$$

$$k = Lh - \frac{Lh^3}{40 \times R^2} - R \times \sin \theta_s$$

$$= 86,75 - \frac{86,75^3}{40 \times 500^2} - 500 \times \sin 4,973 = 43,34 \text{ m}$$

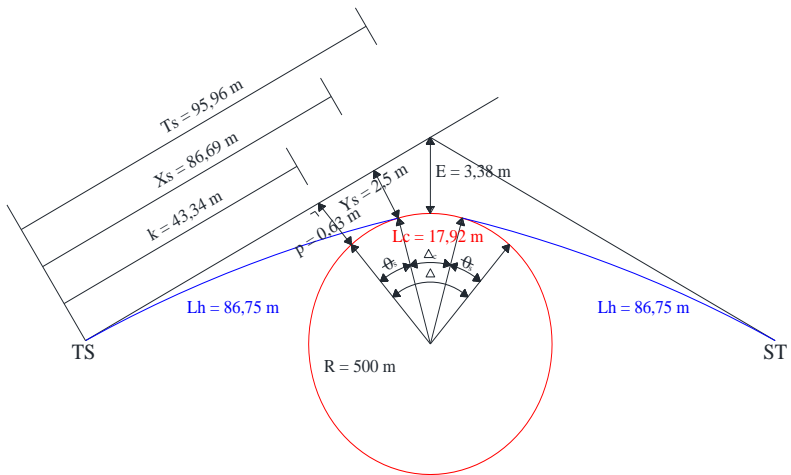
- Jarak titik awal mulai masuk ke daerah lengkung

$$\begin{aligned}T_s &= (R + p) \times \tan\left(\frac{1}{2}\Delta\right) + k \\ &= (500 + 0,63) \times \tan\left(\frac{1}{2}12^\circ\right) + 43,34 = 95,96 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E &= \frac{(R+p)}{\cos\left(\frac{1}{2}\Delta\right)} - R \\ &= \frac{(500+0,63)}{\cos\left(\frac{1}{2}12\right)} - 500 = 3,38 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_s &= Lh \times \left(1 - \frac{Lh^2}{40 \times R^2}\right) \\
 &= Lh \times \left(1 - \frac{86,75^2}{40 \times 500^2}\right) = 86,69 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$Y_s = \frac{Lh^2}{6 \times R} = \frac{86,75^2}{6 \times 500} = 2,5 \text{ m}$$



Gambar 4. 1 Skema Lengkung Horizontal
Sumber : Hasil Analisa

Untuk perhitungan lengkung horizontal selanjutnya, lihat tabel 4.1

Tabel 4. 1 Perhitungan Lengkung Horizontal

No. Busur	Antara	Dari KM	Ke KM	V_i	Δ	R	h	h_{\max}	L_h	θ_s	Δc	L_c	p	k	T_s	E	X_s	Y_s
				km/jam	o	m	m	mm	m	o	o	m	m	m	m	m	m	m
189	Kalibaru-Glenmore	37+731.45	37+832.10	90	12	500	96,39	97,2	86,75	4,973	2,05	17,92	0,63	43,34	95,961	3,38	86,69	2,51
190		40+209.21	40+432.16	90	26	500	96,39	97,2	86,75	4,973	16,1	140,03	0,63	43,34	158,92	13,79	86,69	2,51
191		40+786.90	40+887.69	90	12	500	96,39	97,2	86,75	4,973	2,05	17,92	0,63	43,34	95,961	3,38	86,69	2,51
192		41+444.91	41+573.12	67	29	250	106,8	110	71,58	8,207	12,6	54,89	0,86	35,75	100,62	9,11	71,43	3,42
193		42+689.35	42+838.55	90	18	470	102,5	103	92,29	5,628	6,74	55,29	0,75	46,11	120,67	6,62	92,20	3,02
196	Glenmore-Sumberwadung	48+673.49	48+673.49	90	15	500	96,39	97,2	86,75	4,973	5,05	44,08	0,63	43,34	109,25	4,95	86,69	2,51
201		52+298.1	52+402.75	90	12	500	96,39	97,2	86,75	4,973	2,05	17,92	0,63	43,34	95,961	3,38	86,69	2,51
202	Kalisetail-Temuguruh	55+282.69	55+441.80	74	17	300	108,6	110	80,37	7,679	1,64	8,60	0,90	40,14	85,11	4,24	80,23	3,59
203		55+571.00	55+770.81	74	38	300	108,6	110	80,37	7,679	22,6	118,50	0,90	40,14	143,75	18,24	80,23	3,59
204		55+862.42	56+128	90	31	500	96,39	97,2	86,75	4,973	21,1	183,64	0,63	43,34	182,18	19,52	86,69	2,51
205		56+643.75	56+849.41	90	24	500	96,39	97,2	86,75	4,973	14,1	122,58	0,63	43,34	149,75	11,81	86,69	2,51
206		57+692.70	58+116.64	74	81	300	108,6	110	80,37	7,679	65,6	343,53	0,90	40,14	297,13	95,71	80,23	3,59
207		58+170.00	58+625.44	74	87	300	108,6	110	80,37	7,679	71,6	374,93	0,90	40,14	325,68	114,82	80,23	3,59
208		61+051.70	61+170.00	90	18	500	96,39	97,2	86,75	4,973	8,05	70,25	0,63	43,34	122,63	6,87	86,69	2,51
209	Temuguru-Singojuruh	66+707.19	67+061.96	90	8	2000	24,1	24,3	21,69	0,311	7,38	257,42	0,01	10,84	150,69	4,89	21,69	0,04
210	Singojuruh-Rogojampi	71+165.33	71+343.73	90	21	500	96,39	97,2	86,75	4,973	11,1	96,42	0,63	43,34	136,13	9,15	86,69	2,51
211		71+654.84	72+010.88	90	41	500	96,39	97,2	86,75	4,973	31,1	270,86	0,63	43,34	230,52	34,47	86,69	2,51
212	Rogojampi-Kabat	73+547.17	73+971.58	90	48	500	96,39	97,2	86,75	4,973	38,1	331,92	0,63	43,34	266,24	48,00	86,69	2,51
213		74+384.10	74+739.45	90	39	600	80,33	81	72,29	3,453	32,1	335,91	0,36	36,12	248,72	36,89	72,27	1,45
214		74+950.06	75+337.70	90	37	600	80,33	81	72,29	3,453	30,1	314,97	0,36	36,12	237	33,08	72,27	1,45
215		75+831	76+005	86	25	400	110	110	94,61	6,78	11,4	79,83	0,93	47,26	136,15	10,67	94,48	3,73
5	Kabat-Karangasem	0+782.50	1+022.60	90	14	1000	48,2	48,6	43,38	1,243	11,5	200,85	0,08	21,68	144,47	7,59	43,37	0,31
6		1+714	2+140	90	24	1000	48,2	48,6	43,38	1,243	21,5	375,29	0,08	21,68	234,25	22,42	43,37	0,31
7		2+513.60	2+808	90	33	500	96,39	97,2	86,75	4,973	23,1	201,08	0,63	43,34	191,63	22,13	86,69	2,51
8		3+157.40	3+690.80	90	51	600	80,33	81	72,29	3,453	44,1	461,51	0,36	36,12	322,48	65,16	72,27	1,45
9		4+046.30	4+400.80	90	20	1000	48,2	48,6	43,38	1,243	17,5	305,51	0,08	21,68	198,02	15,51	43,37	0,31
10		5+181.18	5+478.62	90	34	500	96,39	97,2	86,75	4,973	24,1	209,80	0,63	43,34	196,4	23,50	86,69	2,51
11		5+690	5+957.496	90	31	500	96,39	97,2	86,75	4,973	21,1	183,64	0,63	43,34	182,18	19,52	86,69	2,51

12	Karangasem-Argopuro	7+379.60	7+436.38	90	3	1000	48,2	48,6	43,38	1,243	0,51	8,96	0,08	21,68	47,864	0,42	43,37	0,31
13		7+727.71	7+915.89	90	13	800	60,24	60,8	54,22	1,943	9,11	127,20	0,15	27,09	118,26	5,33	54,21	0,61
14		8+323.08	8+694.41	90	47	450	107,1	110	96,39	6,139	34,7	272,56	0,86	48,15	244,19	41,64	96,28	3,44
15		8+772.69	9+319.44	90	70	450	107,1	110	96,39	6,139	57,7	453,11	0,86	48,15	363,85	100,40	96,28	3,44
16		9+742.52	9+907.46	89	22	425	110,9	110	98,70	6,656	8,69	64,41	0,96	49,3	132,1	8,93	98,56	3,82
17		10+255.81	10+618.68	89	49	425	110,9	110	98,70	6,656	35,7	264,58	0,96	49,3	243,42	43,10	98,56	3,82
18		11+003.36	11+201.93	90	23	500	96,39	97,2	86,75	4,973	13,1	113,86	0,63	43,34	145,2	10,88	86,69	2,51
19		11+461.64	11+619.01	90	9	1000	48,2	48,6	43,38	1,243	6,51	113,62	0,08	21,68	100,38	3,17	43,37	0,31
20		12+050.93	12+178.56	90	7	1000	48,2	48,6	43,38	1,243	4,51	78,74	0,08	21,68	82,844	1,95	43,37	0,31
22		14+814.5	15+133.80	90	18	1000	48,2	48,6	43,38	1,243	15,5	270,62	0,08	21,68	180,07	12,54	43,37	0,31
23	Argopuro-BWI Baru	15+911.20	16+096.40	90	13	800	60,24	60,8	54,22	1,943	9,11	127,20	0,15	27,09	118,26	5,33	54,21	0,61
24		16+825.80	17+205.82	90	44	500	96,39	97,2	86,75	4,973	34,1	297,03	0,63	43,34	245,61	39,94	86,69	2,51
25		17+351.20	18+59.901	90	81	500	96,39	97,2	86,75	4,973	71,1	619,75	0,63	43,34	470,92	158,37	86,69	2,51

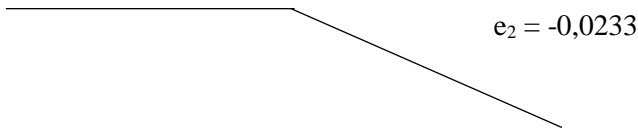
Sumber : Hasil Analisa Perhiutngan

4.1.2 Perencanaan Lengkung Vertikal Trase Jalan KA

Lengkung vertikal berupa unsur lingkaran yang menghubungkan dua kelandaian lintas yang berbeda dan ditentukan beda elevasi ketinggian dan besarnya jari-jari lengkung vertikal.

Contoh perhitungan lengkung vertikal KM 37+580

$$e_1 = 0,0000$$



Gambar 4. 2 Skema Lengkung Vertikal

$$V_{rencana} = 100 \text{ km/jam}$$

$$R_{lengkung} = 6000 \text{ m (PM No. 60 Tahun 2012)}$$

Panjang Lengkung Peralihan (X_m)

$$\begin{aligned} X_m &= \frac{R}{2} \times \varphi \\ &= \frac{6000}{2} \times (e_2 - e_1) \\ &= \frac{6000}{2} \times (-0,0233 - 0,0000) = 69,90 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_m &= \frac{R}{8} \times \varphi^2 \\ &= \frac{R}{8} \times (e_2 - e_1)^2 \\ &= \frac{R}{8} \times (-0,0233 - 0,0000)^2 = 0,4072 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan lengkung vertikal selanjutnya, lihat tabel 4.2

Tabel 4. 2 Perhitungan Lengkung Vertikal

KM	Kelandaian		Selisih Kelandaian	$V_{rencana}$	Jari-jari Lengkung Vertikal	Panjang Lengkung Peralihan (X_m)	Peninggian (Y_m)
	e_{kiri}/e_1	e_{kanan}/e_2					
37+580	0,0000	-0,0233	-0,0233	100	6000	69,90	0,4072
37+890	-0,0233	-0,008	0,0153	100	6000	45,90	0,1756
38+890	-0,008	-0,024	-0,0160	100	6000	48,00	0,1920
38+890	-0,024	-0,006	0,0180	100	6000	54,00	0,2430
39+890	-0,007	-0,029	-0,0220	100	6000	66,00	0,3630
40+390	-0,029	-0,014	0,0150	100	6000	45,00	0,1688
41+390	-0,0194	-0,0026	0,0168	100	6000	50,40	0,2117
43+090	0,0000	-0,026	-0,0260	100	6000	78,00	0,5070
43+390	-0,026	-0,01	0,016	100	6000	48,00	0,1920
44+590	-0,0114	0,0000	0,0114	100	6000	34,20	0,0975
45+000	0,0000	-0,02	-0,02	100	6000	60,00	0,3000
45+100	-0,02	-0,002	0,018	100	6000	54,00	0,2430
45+480	-0,002	0,00875	0,01075	100	6000	32,25	0,0867
45+890	0,00875	-0,0129	-0,02165	100	6000	64,95	0,3515
46+240	-0,0129	0,0000	0,0129	100	6000	38,70	0,1248
46+890	0,0000	-0,018	-0,018	100	6000	54,00	0,2430
47+390	-0,018	0,0000	0,018	100	6000	54,00	0,2430
47+890	0,0000	-0,018	-0,018	100	6000	54,00	0,2430
48+600	-0,02	0,0000	0,02	100	6000	60,00	0,3000
48+890	0,0000	-0,012	-0,012	100	6000	36,00	0,1080
49+390	-0,012	0,0000	0,012	100	6000	36,00	0,1080
49+410	0,0000	-0,01	-0,01	100	6000	30,00	0,0750
50+390	-0,01	0,0000	0,01	100	6000	30,00	0,0750
53+180	-0,01	-0,02	-0,01	100	6000	30,00	0,0750
54+390	-0,02	-0,01	0,01	100	6000	30,00	0,0750
54+990	0,0000	-0,0217	-0,0217	100	6000	65,10	0,3532
55+210	-0,0217	0,0000	0,0217	100	6000	65,10	0,3532
55+610	0,0000	-0,0143	-0,0143	100	6000	42,90	0,1534
55+910	-0,0143	0,0000	0,0143	100	6000	42,90	0,1534
56+390	0,0000	-0,01	-0,01	100	6000	30,00	0,0750
56+540	-0,01	0,0000	0,01	100	6000	30,00	0,0750
57+890	-0,0172	0,0000	0,0172	100	6000	51,60	0,2219
58+060	0,0000	-0,0213	-0,0213	100	6000	63,90	0,3403
58+390	-0,0213	-0,005	0,0163	100	6000	48,90	0,1993
58+710	-0,005	-0,03	-0,025	100	6000	75,00	0,4688
58+890	-0,03	-0,014	0,016	100	6000	48,00	0,1920
61+100	-0,0192	0,0000	0,0192	100	6000	57,60	0,2765
61+250	0,0000	-0,0088	-0,0088	100	6000	26,40	0,0581
61+890	-0,0133	0,0000	0,0133	100	6000	39,90	0,1327
62+240	0,0000	-0,0125	-0,0125	100	6000	37,50	0,1172
62+890	-0,0146	0,0000	0,0146	100	6000	43,80	0,1599
63+350	0,0000	-0,0091	-0,0091	100	6000	27,30	0,0621
64+080	0,0000	-0,024	-0,024	100	6000	72,00	0,4320
64+500	-0,024	0,0000	0,024	100	6000	72,00	0,4320
66+450	0,0000	-0,0137	-0,0137	100	6000	41,10	0,1408
71+390	-0,019	-0,0111	0,0079	100	6000	23,70	0,0468
71+560	-0,0111	0,0000	0,0111	100	6000	33,30	0,0924
73+100	-0,0157	-0,0067	0,009	100	6000	27,00	0,0608
74+510	-0,0123	0,0000	0,0123	100	6000	36,90	0,1135
74+740	0,0000	-0,03	-0,03	100	6000	90,00	0,6750

75+910	-0,01625	0,0000	0,01625	100	6000	48,75	0,1980
00+300	0,0000	-0,0129	-0,0129	100	6000	38,70	0,1248
1+985	0,0042	-0,012	-0,0162	100	6000	48,60	0,1968
2+285	-0,012	0,0000	0,012	100	6000	36,00	0,1080
2+985	0,0000	0,04	0,04	100	6000	120,00	1,2000
4+485	0,04	-0,006	-0,046	100	6000	138,00	1,5870
4+985	-0,006	0,018	0,024	100	6000	72,00	0,4320
5+485	0,018	0,002	-0,016	100	6000	48,00	0,1920
6+485	0,0000	0,008	0,008	100	6000	24,00	0,0480
6+985	0,008	-0,002	-0,01	100	6000	30,00	0,0750
8+985	0,001	-0,009	-0,01	100	6000	30,00	0,0750
9+485	-0,009	0,004	0,013	100	6000	39,00	0,1268
9+985	0,004	-0,022	-0,026	100	6000	78,00	0,5070
10+485	-0,022	-0,014	0,008	100	6000	24,00	0,0480
11+485	-0,01	0,0000	0,01	100	6000	30,00	0,0750
12+985	-0,004	-0,016	-0,012	100	6000	36,00	0,1080
13+985	-0,004	-0,021	-0,017	100	6000	51,00	0,2168
14+485	-0,021	-0,0125	0,0085	100	6000	25,50	0,0542
14+985	-0,0125	-0,0045	0,008	100	6000	24,00	0,0480
16+485	-0,014	-0,024	-0,01	100	6000	30,00	0,0750
16+985	-0,024	-0,002	0,022	100	6000	66,00	0,3630

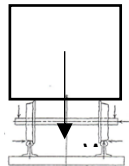
Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

4.2 Perencanaan Struktur Rel Kereta Api

Fungsi rel adalah tempat berdiri dan menggelindingkan roda kereta api yang meneruskan beban roda ke bantalan.

4.2.1 Penentuan Gaya Yang Bekerja Pada Rel

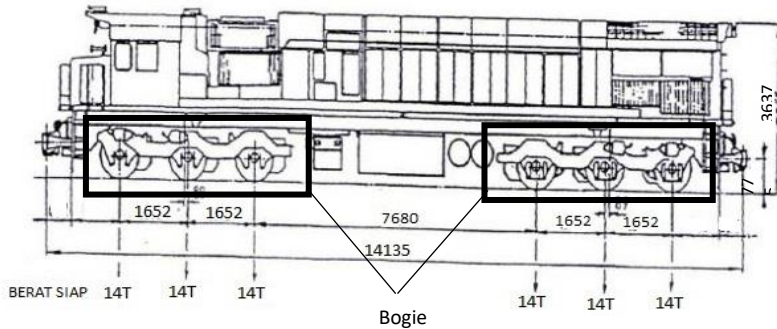
4.2.1.1 Gaya Vertikal



Gambar 4. 3 Gaya Vertikal

Gaya vertikal pada rel merupakan beban yang paling besar dalam struktur jalan rel, terjadi akibat oleh beban kereta. Gaya ini menyebabkan defleksi vertikal. Beban yang paling besar terjadi

pada lokomotif, sehingga perhitungan beban menggunakan jenis CC-203.



Gambar 4. 4 Lokomotif CC-203

Lokomotif berjenis CC-203 memiliki spesifikasi :

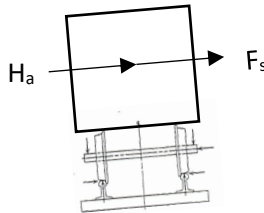
Berat (W) = 84 Ton
 Jarak antar gandar = 1652 mm
 Tinggi = 3637 mm
 Lebar = 2642 mm
 Panjang = 14135 mm

Sehingga dapat dihitung :

- Ditumpu oleh 2 bogie yang masing-masing terdiri dari 3 gandar dan masing-masing gandar terdiri dari 2 roda. (Gambar 4.3)
 Berat lokomotif (W_{lok}) = 84 Ton
 Gaya kepada bogie (P_b) = $W_{lok}/2 = 42$ Ton
 Gaya gandar (P_g) = $P_b/3 = 14$ Ton
 Gaya roda statis (P_s) = $P_g/2 = 7$ Ton
- Faktor dinamis (I_p) dan beban dinamis (P_d).
 Jika menggunakan lokomotif CC-203 dengan V_{maks} 100km/jam, maka :

$$\begin{aligned}
 V_{renc} &= 1,25 \times V_{maks} \\
 &= 1,25 \times 100 = 125 \text{ km/jam} = 34,72 \text{ m/det} \\
 P_s &= 7 \text{ Ton} \\
 I_p &= 1 + 0,01 \times \left\{ \frac{V_{renc}}{1,609} - 5 \right\} \\
 &= 1 + 0,01 \times \left\{ \frac{125}{1,609} - 5 \right\} \\
 &= 1,727 \\
 P_d &= P_s \times I_p = 7 \times 1,727 = 12,088 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

4.2.1.2 Gaya Horizontal



Gambar 4. 5 Gaya Horizontal

Gaya horizontal pada rel disebabkan oleh gaya angin, goyangan kereta api dan gaya sentrifugal ditikungan. Pada umumnya digunakan tekanan angin 25 kg/m^2 (jauh dari laut). Koefisien angin $+0,9$ untuk tekanan angin dan $-0,4$ untuk angin hisab. (Peraturan Muatan Indonesia)

Angin tekan :

$$0,9 \times 25 = 22,5 \text{ kg/m}^2$$

Angin hisap :

$$0,4 \times 25 = 10 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total} = 22,5 + 10 = 32,5 \text{ kg/m}^2$$

Dari data lokomotif diperoleh :

$$\text{Panjang lokomotif} = 14,135 \text{ m (Gambar 4.3)}$$

Tinggi lokomotif = 3,637 m (Gambar 4.3)

Luas bidang sentuh kereta (diasumsikan persegi empat), maka beban angin dapat dihitung :

$$Y_{\text{angin}} (H_a) = 32,5 \times (14,135 \times 3,637) = 1670,8 \text{ kg}$$

$$\text{Beban sentrifugal} = \frac{W \times V^2}{g \times R} = \frac{84000 \times 34,72^2}{9,8 \times 250} = 41335,979 \text{ kg}$$

Dengan :

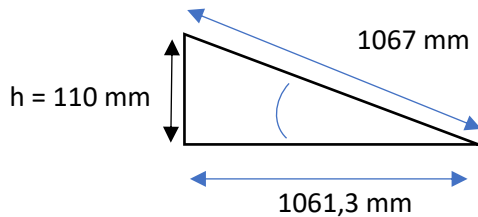
V = Kecepatan rencana (m/det)

W = Berat kereta (kg)

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/det)

R = Jari-jari lengkung minimum

Peninggian maksimum h = 110 mm (PD 10)



$$\begin{aligned} Y_{\text{sentrifugal}} &= 41335,98 \times \cos \alpha \\ &= 41335,98 \times \frac{1061,31}{1067} = 41115,73 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_{\text{total}} &= Y_{\text{angin}} (H_a) + Y_{\text{sentrifugal}} \\ &= 1670,79 + 41115,73 \\ &= 42786,52 \text{ kg} = 42,78652 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Gaya horizontal didistribusikan ke rel :

$$\begin{aligned} Y_{\text{kepada bogie}} &= Y_{\text{total}}/2 = 42,78652/2 = 21,393 \text{ Ton} \\ Y_{\text{kepada ganda}} &= Y_{\text{bogie}}/3 = 21,393/3 = 7,131 \text{ Ton} \\ Y_{\text{kepada roda}} &= Y_{\text{gandar}}/2 = 7,131/2 = 3,566 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Agar roda tidak keluar dari rel , maka $P_{\text{horizontal}} < P_{\text{vertikal}}$
 $3,566 \text{ Ton} < 12,088 \text{ Ton}$ (**OK**)

Agar rel tidak anjlok, $\frac{P_{\text{horizontal}}}{P_{\text{vertikal}}} < 1,2$

$$\frac{3,566}{12,088} < 1,2$$

$$0,295 < 1,2 \text{ (OK)}$$

Agar rel dan roda tidak aus, $\frac{P_{\text{horizontal}}}{P_{\text{vertikal}}} < 0,75$

$$\frac{3,566}{12,088} < 0,75$$

$$0,295 < 0,75 \text{ (OK)}$$

4.2.2 Penentuan Profil Rel

Kecepatan kereta api = 100 km/jam
 Gaya gandar (P_g) = 14 Ton (Gambar 4.1)
 Jarak antar bantalan (S) = 60 cm
 Lebar sepur (s) = 1067 mm
 Tipe rel = R.54
 Luas penampang rel (A) = 69,34 cm²
 Berat rel per meter (W) = 54,43 kg/m
 Modulus elastisitas (E) = $2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
 Momen inersia terhadap sumbu X (I_x) = 2346 cm⁴
 Jarak tepi bawah kaki rel garis netral (Y_b) = 76,2 mm

Transformasi gaya statis roda menjadi gaya dinamis roda digunakan persamaan Talbot sebagai berikut :

$$P_s = 0,5 \times P_g = 0,5 \times 14 = 7 \text{ Ton}$$

$$P_d = P_s + 0,01 \times P_s \times \left(\frac{V}{1,609} - 5 \right)$$

$$= 7 + 0,01 \times P_s \times \left(\frac{100}{1,609} - 5 \right)$$

$$= 11 \text{ Ton} = 11000 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\lambda &= \sqrt[4]{\frac{k}{4 \times E \times I_x}} \\ &= \sqrt[4]{\frac{180}{4 \times 2,1 \cdot 10^6 \times 2364}} = 0,00978 \text{ cm}^{-1}\end{aligned}$$

Dimana :

λ = faktor dumping (cm^{-1})

k = modulus elastisitas jalan rel (180 kg/cm^2)

E = Modulus elastisitas rel ($2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$)

I_x = Momen inersia terhadap sumbu X

$$M_{\text{maks}} = \frac{Pd}{4 \times \lambda} = \frac{11000}{4 \times 0,00978} = 281311,35 \text{ kg.cm}$$

$$\sigma = \frac{0,85 \times M_{\text{maks}} \times y_b}{I_x} = \frac{0,85 \times 281311,35 \times 7,62}{2346} = 776,66 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{\text{Teg.leleh baja}}{SF} = \frac{2400}{2} = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan yang terjadi tidak boleh melebihi tegangan ijin baja.

Sehingga, $776,66 \text{ kg/cm}^2 < 1200 \text{ kg/cm}^2$ (OK)

4.2.3 Penentuan Tipe Bantalan Beton

4.2.3.1 Data umum Bantalan

Beban gandar (P_g) = 14 Ton (perhitungan subbab 4.2.1.1)

Kecepatan kereta api = 100 km/jam

Lebar sepur (s) = 1067 mm

Jarak pasang bantalan = 60 cm

Tipe rel = R.54

Tipe bantalan = N-67

Mutu beton f_c' = 500 kg/cm^2

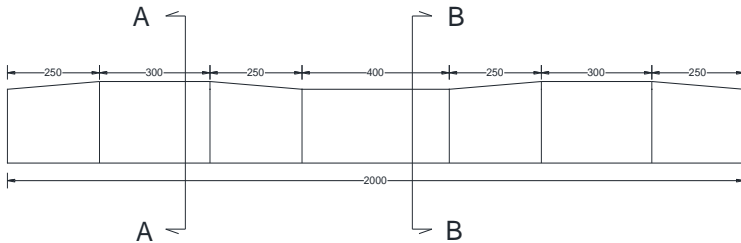
Momen izin :

Dibawah rel (positif) = 1500 kgm

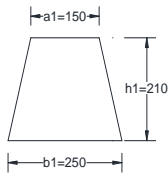
Dibawah rel (negatif) = 750 kgm

Ditengah bantalan (positif) = 660 kgm

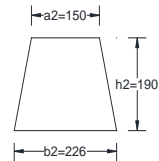
Ditengah bantalan (negatif) = 930 kgm



Gambar 4. 6 Bantalan Beton Tipe N-67



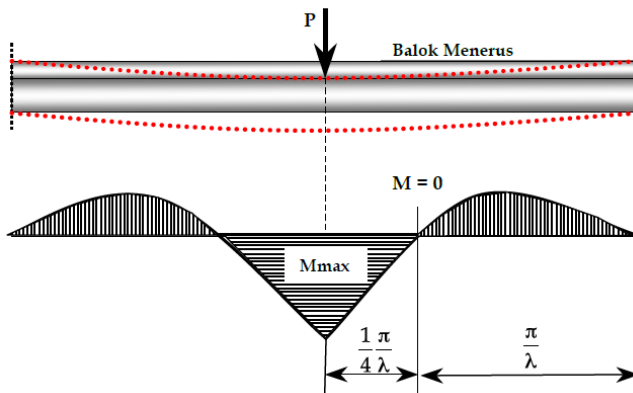
Gambar 4. 8 Pot A-A Bantalan Beton Tipe N-67



Gambar 4. 7 Pot B-B Bantalan Beton Tipe N-67

4.2.3.2 Pembebanan Pada Bantalan

Analisa pembebanan menggunakan perumusan Talbot. Maksimum beban merata di kaki rel.



Gambar 4. 9 Distribusi Momen Bantalan

$$\lambda = 0,00978 \text{ cm}^{-1} \text{ (dari perhitungan subbab 4.2.2)}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{4 \times \lambda} = \frac{\pi}{4 \times 0,00978} = 80,3 \text{ cm}$$

$$P_d = 11000 \text{ kg (dari perhitungan subbab 4.2.2)}$$

$$E = 6400\sqrt{fc'} = 6400\sqrt{500} = 143108,4 \text{ kg/cm}^2$$

Distribusi beban ke bantalan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Q = 0,786 \times \frac{P_d \cdot S}{X_1} = 0,786 \times \frac{P_d \cdot 60}{80,3}$$

$$= 0,587 \cdot P_d \approx 60\% \cdot P_d$$

Berdasarkan spesifikasi penampang bantalan pada potongan A-A bantalan beton tipe N-67 dapat dihitung momen di titik C dan D atau tepat dibawah kaki rel (lihat Gambar 4.10)

$$A_1 = \frac{1}{2} \times (a_1 + b_1) \times h_1 = \frac{1}{2} \times (150 + 250) \times 210 = 420 \text{ cm}^2$$

$$I_1 = \frac{a_1^2 + (4 \times a_1 \times b_1) + b_1^2}{36 \times (a_1 + b_1)} \times h_1^3$$

$$= \frac{a_1^2 + (4 \times 150 \times 250) + 250^2}{36 \times (150 + 250)} \times 210^3 = 15113,44 \text{ cm}^4$$

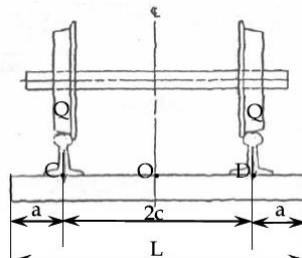
$$\lambda_1 = \sqrt[4]{\frac{k}{4 \times E \times I_1}}$$

$$= \sqrt[4]{\frac{180}{4 \times 143108,4 \times 15113,44}} = 0,012 \text{ cm}^{-1}$$

$$a = 45 \text{ cm}$$

$$c = 55 \text{ cm}$$

$$L = 200 \text{ cm}$$



Gambar 4. 10 Potongan Memanjang Bantalan N-67

Tabel 4. 3 Penyelesaian Fungsi Trigonometri dan Hiperbolik

$\sin \lambda L$	=	0,674	$\cos 2\lambda c$	=	0,247
$\sinh \lambda L$	=	5,477	$\cos \lambda L$	=	-0,739
$\cosh \lambda a$	=	1,150	$\sinh \lambda c$	=	0,710
$\cosh 2\lambda c$	=	2,007	$\sin \lambda c$	=	0,614
$\cosh \lambda L$	=	5,568	$\sin \lambda(L-c)$	=	0,985
$\cos \lambda a$	=	0,857	$\sinh \lambda(L-c)$	=	2,765
$\sinh 2\lambda a$	=	1,304	$\cosh \lambda c$	=	1,226
$\sin 2\lambda c$	=	0,969	$\cos \lambda(L-c)$	=	-0,170
$\sinh 2\lambda c$	=	1,740	$\cos \lambda c$	=	0,790
$\sin 2\lambda a$	=	0,882	$\cosh \lambda(L-c)$	=	2,940

$$\begin{aligned}
 M_{C/D} &= \frac{P_d \times 60\%}{4 \times \lambda} \times \frac{1}{\sinh \lambda L + \sin \lambda L} [2 \cosh^2 \lambda a (\cos 2\lambda c + \cosh \lambda L) \\
 &\quad - 2 \cos^2 \lambda a (\cosh 2\lambda c + \cos \lambda L) - \sinh 2\lambda a (\sin 2\lambda c + \sinh \lambda L) - \sin 2\lambda a (\sinh 2\lambda c + \sin \lambda L)] \\
 &= \frac{11000 \times 60\%}{4 \times 0,012} \times \frac{1}{5,477+0,674} [2,643 (0,247 + 5,568) \\
 &\quad - 1,471 (2,007 + (-0,739)) - 1,304 (0,969 + 5,477) - \\
 &\quad 0,882 (1,740 + 0,674)] \\
 &= 66314,122 \text{ kgcm} < \text{Momen ijin} = 150000 \text{ kgcm (OK)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi penampang bantalan pada potongan B-B bantalan beton tipe N-67 dapat dihitung momen di titik O atau tepat dibawah kaki rel (lihat Gambar 4.9)

$$A_2 = \frac{1}{2} \times (a_2 + b_2) \times h_2 = \frac{1}{2} \times (150 + 226) \times 190 = 357,2 \text{ cm}^2$$

$$I_2 = \frac{a_2^3 + (4 \times a_2 \times b_2) + b_2^3}{36 \times (a_2 + b_2)} \times h_2^3$$

$$= \frac{a_1^2 + (4 \times 150 \times 226) + 226^2}{36 \times (150 + 226)} \times 190^3 = 10599,43 \text{ cm}^4$$

$$\lambda_2 = \sqrt[4]{\frac{k}{4 \times E \times I_x}}$$

$$= \sqrt[4]{\frac{180}{4 \times 143108,4 \times 10599,43}} = 0,013 \text{ cm}^{-1}$$

Tabel 4. 4 Penyelesaian Fungsi Trigonometri dan Hiperbolik

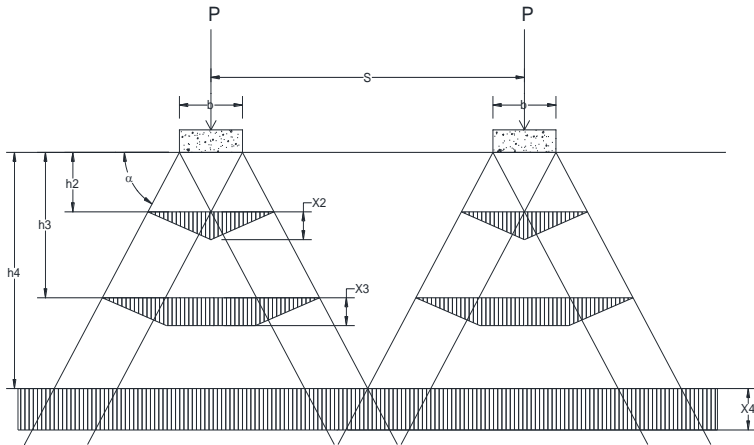
$\sin \lambda L$	=	0,494	$\cos 2\lambda c$	=	0,127
$\sinh \lambda L$	=	6,865	$\cos \lambda L$	=	-0,869
$\cosh \lambda a$	=	6,937	$\sinh \lambda c$	=	0,786
$\cosh 2\lambda c$	=	2,236	$\sin \lambda c$	=	0,661
$\cosh \lambda L$	=	6,937	$\sin \lambda(L-c)$	=	0,945
$\cos \lambda a$	=	0,831	$\sinh \lambda(L-c)$	=	3,278
$\sinh 2\lambda a$	=	1,476	$\cosh \lambda c$	=	1,272
$\sin 2\lambda c$	=	0,992	$\cos \lambda(L-c)$	=	-0,326
$\sinh 2\lambda c$	=	2,000	$\cos \lambda c$	=	0,751
$\sin 2\lambda a$	=	0,925	$\cosh \lambda(L-c)$	=	3,427

$$\begin{aligned}
 M_o &= - \frac{P_d \times 60\%}{2 \times \lambda} \times \frac{1}{\sinh \lambda L + \sin \lambda L} [\sinh \lambda c (\sin \lambda c + \sin \lambda(L-c)) + \sin \lambda c (\sinh \lambda c + \sinh \lambda(L-c)) + \cosh \lambda c \cos \lambda(L-c) - \cos \lambda c \cosh \lambda(L-c)] \\
 &= - \frac{11000 \times 60\%}{2 \times 0,013} \times \frac{1}{6,865 + 0,494} [0,786 (0,661 + 0,945)) + 0,66 (0,786 + 3,278)) + 1,272 \times (-0,326)) - 0,751 \times 3,427)] \\
 &= 34171,406 \text{ kgcm} < \text{Momen ijin} = 93000 \text{ kgcm (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi, bantalan beton tipe N-67 dapat menerima beban kereta api dengan beban gandar 14 Ton dengan jarak antar bantalan 60 cm

4.2.4 Perencanaan Balas

4.2.4.1 Perhitungan Tebal Balas Dibawah 2 Bantalan



Gambar 4. 11 Distribusi Tegangan Akibat Beban Gandar

Dimana :

P = Tekanan gandar kereta api (kg) (perhitungan subbab 4.2.1.1)

b = Lebar bantalan (cm) (Gambar 4.6)

S = Jarak antar bantalan (cm)

α = Sudut penyebaran tekanan (untuk batu pecah = 60° dan untuk pasir = 45°)

h = Tebal alas balas (cm)

x = Tegangan maksimal yang terjadi pada kedalaman h (kg/cm²)

Tegangan maksimal langsung dibawah bantalan = P_0 kg/cm²

$$\sigma = P_0 = \frac{P}{A} = \frac{P}{b \times \text{panjang bantalan}} = \frac{14000}{25 \times 200} = 2,80 \text{ kg/cm}^2$$

Sampai pada kedalaman h_2 tegangan maksimal tetap P_0 kg/cm²

$$h_2 = \frac{1}{2} \times b \times \tan \alpha = \frac{1}{2} \times 25 \times \tan 60^\circ = 21,65 \text{ cm}$$

$$x_1 = P_o \quad \text{dan} \quad x_2 = P_o$$

Untuk kedalaman h_3

$h_3 = 30 \text{ cm}$ (Tebal balas minimal untuk kelas jalan III)

$$x_3 = \frac{b}{2 \times h_3} \times \tan \alpha \times P_o$$

$$= \frac{b}{2 \times h_3} \times \tan \alpha \times P_o = \frac{25}{2 \times 30} \times \tan 60^\circ \times 2,80 = 2,02 \text{ kg/cm}^2$$

Jika $h_3 > h_2$ atau dengan kata lain h_3 lebih dalam dari pada h_2 , maka tegangan maksimal yang terjadi pada kedalaman h_3 akan lebih kecil dari pada tegangan maksimal pada kedalaman h_2

$$\text{Jadi, } x_3 = 2,02 \text{ kg/cm}^2 < x_2 = 2,80 \text{ kg/cm}^2$$

Pada ketebalan balas h_4 , terlihat bahwa tegangan yang terjadi telah tersebar merata (tidak ada tegangan maksimal sebagaimana pada h_2, h_3) dan juga sudah tidak dapat dibuat lebih kecil lagi. Oleh sebab itu tidak perlu mempertebal alas balas lebih dari h_4 lagi.

$$\text{Tebal balas maksimal } h_4 = \frac{1}{2} \times S \times \tan \alpha = \frac{1}{2} \times 60 \times \tan 60^\circ = 55 \text{ cm}$$

$$\text{Tegangan yang terjadi } x_4 = \frac{b}{2 \times h_4} \times \tan \alpha \times P_o$$

$$= \frac{25}{2 \times 55} \times \tan 60^\circ \times 2,8 = 1,103 \text{ kg/cm}^2$$

Rumus Terzaghi untuk mencari daya dukung tanah.

$$q_{ult} = 1,3 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

Diketahui data tanah sebagai berikut :

$$c = 0,001 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 35,56^\circ$$

$$\gamma_t = 0,001991 \text{ kg/cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 q &= \gamma t \times D, & D &= 1 \text{ m} \\
 &= 0,001991 \times 100 \\
 &= 0,1991 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk nilai faktor daya dukung berdasarkan Tabel 11.1 Buku Mekanika Tanah 2 Braja M Das, dengan $\phi = 35,56^\circ$ maka didapat faktor daya dukung Terzaghi :

$$N_c = 48,355$$

$$N_q = 35,525$$

$$N_\gamma = 52,17$$

$$\begin{aligned}
 q_{ult} &= 1,3 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \\
 &= 1,3 \times 0,001 \times 48,355 + 0,1991 \times 35,525 + 0,4 \times 0,001991 \\
 &\quad \times 25 \times 52,17 \\
 &= 8,175 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$x_{ijin} = \frac{q_{ult}}{F_s} = \frac{8,175}{2} = 4,09 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi, pada kedalaman h_4 tegangan maksimal yang terjadi lebih kecil dari pada tegangan yang diijinkan.

$$x_4 = 1,103 \text{ kg/cm}^2 < x_{ijin} = 4,09 \text{ kg/cm}^2$$

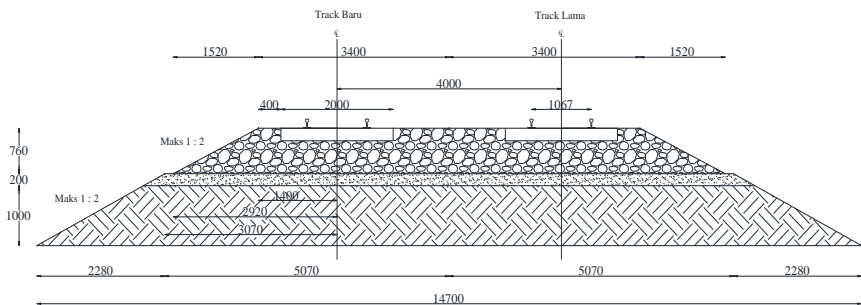
4.2.5 Stabilitas Badan Jalan Kereta Api

Dalam ruas jalan kereta api rel ganda Banyuwangi KM 71+390, terdapat jalan baru sehingga perlu adanya kontrol untuk stabilitas pada badan jalan kereta api. Kontrol stabilitas tanah dalam perencanaan ini dilakukan dengan alasan :

1. Di lokasi merupakan tanah asli yang belum mengalami perbaikan tanah.
2. Di lokasi ini merupakan tikungan sehingga perlu adanya faktor keamanan untuk mencegah anjloknya kereta api.



Gambar 4. 12 Ruas Jalan Kereta Api KM 71+390



Gambar 4. 13 Sketsa Penampang Melintang KM 71+390

Rumus Terzaghi untuk mencari daya dukung tanah :

$$q_{ult} = c \times N_c + q \times N_q + 0,5 \times \gamma \times B \times N_\gamma$$

Dimana :

qult = Daya dukung ultimit




c = Kohesi tanah

γ = Berat volume tanah

D = Kedalaman pondasi

B = Lebar pondasi

N_c, N_q, N_γ = Faktor daya dukung Terzaghi ditentukan oleh besar sudut geser dalam (ϕ).

SOIL DESCRIPTION																		
Proyek : Perencanaan Gedung Diklat				BH : 1 (Satu)														
Lokasi : Diklat Pus Lon Banyuwangi				TANGGAL : 28 Maret 2015														
MAT : Tidak Terdeteksi																		
DEPTH (m)	WATER TABLE (m)	BOR LOG	DESKRIPSI TANAH/BATUAN	Physical Properties					Atterberg Limit			Oedometer Test		Strength Test				
				γ_s	W_L	S_L	e	G_s	LL	PL	IP	C_c	Swelling Test	Testing Type	C	ϕ	γ_u	
				Ton/m ³	%	%			%	%	%		SP	SNP	kg/cm ²	kg/cm ²		
0																		
1.0			Lempung Berlanau Coklat	1.630	63.36	101.12	1.667	2.660	*	*	*	*	*	*	Triaxial UU	0.145	1.00	*
2.0																		
3.0			Lempung Berlanau Coklat	1.571	71.19	99.04	1.937	2.695	*	*	*	*	*	*	Triaxial UU	0.075	0.70	*
4.0																		
5.0			Lempung Berlanau Berpasir Coklat	1.443	75.40	92.29	2.052	2.512	*	*	*	*	*	*	Triaxial UU	0.109	0.70	*
LEGENDA :				REMARKS :														
 Lempung  Pasir  Batu				* = No Test γ_s = Unit weight e = Void Ratio LL = Liquid limit NP = Non Plastics W_L = Water content G_s = Specific Gravity PL = Plastic limit 1/1 = No Sample S_L = Degree of Saturation S_w = Swelling Potential IP = Plasticity Index 1/U = Unconsolidated Undrained S_w = Swelling Pressure DS = Direct Shear														

Gambar 4. 14 Data Tanah Lapangan Terdekat
Sumber : Lab. Tanah Teknik Infrastruktur Sipil ITS

Diketahui data tanah sebagai berikut : Tanah -1m

$$c = 1,45 \text{ t/m}^2$$

$$B = 2 \text{ m}$$

$$\phi = 1^\circ$$

$$SF = 2 \text{ (PM 60 Tahun 2012)}$$

$$\gamma_t = 1,63 \text{ t/m}^3$$

$$q = \gamma \times D$$

$$= 1,63 \text{ t/m}^3 \times 1 \text{ m} = 1,63 \text{ t/m}^2$$

Untuk nilai faktor daya dukung berdasarkan Tabel 11.1 Buku Mekanika Tanah 2 Braja M Das.

$$N_c = 5,380$$

$$N_q = 1,090$$

$$N_\gamma = 0,07$$

$$q_{ult} = c \times N_c + q \times N_q + 0,5 \times \gamma \times B \times N_\gamma$$

$$= 1,45 \times 5,38 + 1,63 \times 1,090 + 0,5 \times 1,63 \times 2 \times 0,07$$

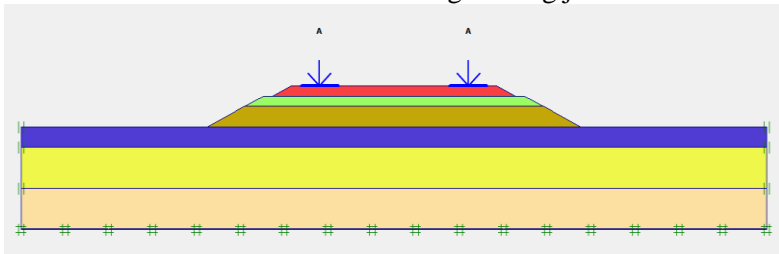
$$= 9,692 \text{ t/m}^2$$

$$q_{ijin} = \frac{q_{ult}}{SF} = \frac{9,692}{2} = 4,8 \text{ t/m}^2 \quad (\text{Tegangan Ijin})$$

Kontrol analisa tegangan tanah menggunakan program Plaxis 8.6.

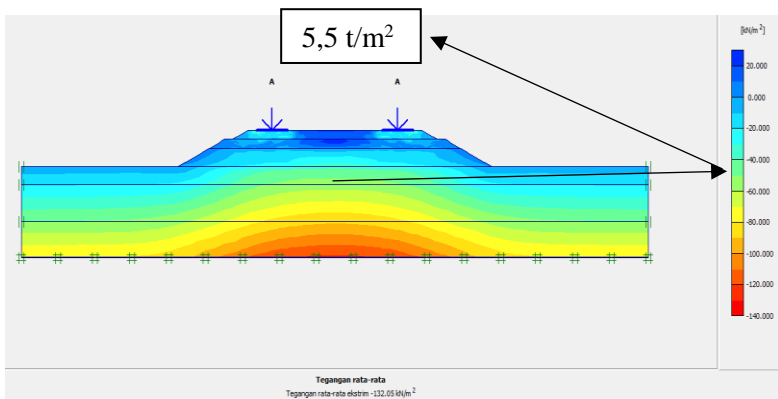
Analisa 1 :

Dilakukan pemodelan pada Plaxis 8.6 sesuai dengan sketsa penampang melintang. Kemudian diberikan beban gandar lokomotif sebesar 14 ton untuk masing-masing jalur.

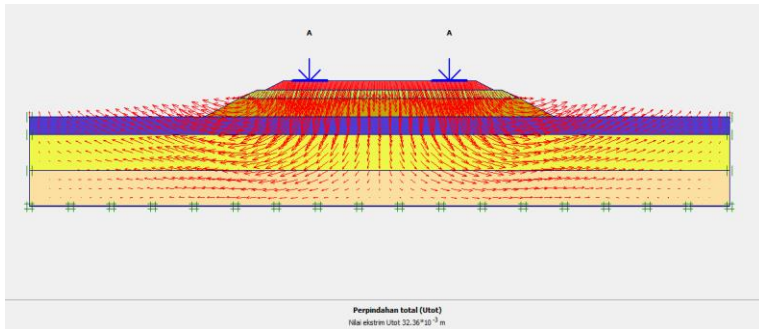


Gambar 4. 15 Pemodelan Beban Pada Plaxis 8.6

Dari analisa tegangan tanah menggunakan Plaxis 8.6 didapat tegangan tanah sebesar $5,5 \text{ t/m}^2 > 4,8 \text{ t/m}^2$ dari tegangan ijin yang ada di lapangan dan nilai displacement 1,274 inch.

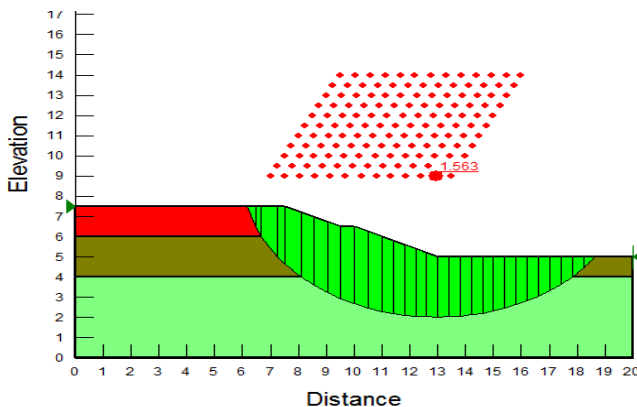


Gambar 4. 16 Hasil Analisa Tegangan Tanah Plaxis 8.6



Gambar 4. 17 Hasil Analisa Displacement Plaxis 8.6

Kemudian dikontrol dengan menggunakan program Geoslope di dapat angka $SF = 1,563 < 2$ (Safety Faktor Ijin)



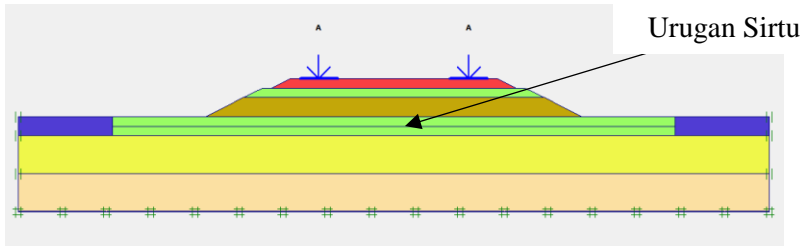
Gambar 4. 18 Safety Faktor Pada Program Geoslope

Dari hasil analisa 1 dapat disimpulkan akan terjadi pergerakan tanah terhadap tanah dasar, sehingga perlu adanya perbaikan kondisi pada tanah dasar.

Perbaikan tanah yang dilakukan adalah dengan mengupas tanah asli sedalam 100 cm dan diganti dengan sirtu yang dipadatkan per 20 cm. Kemudian dilakukan analisa 2.

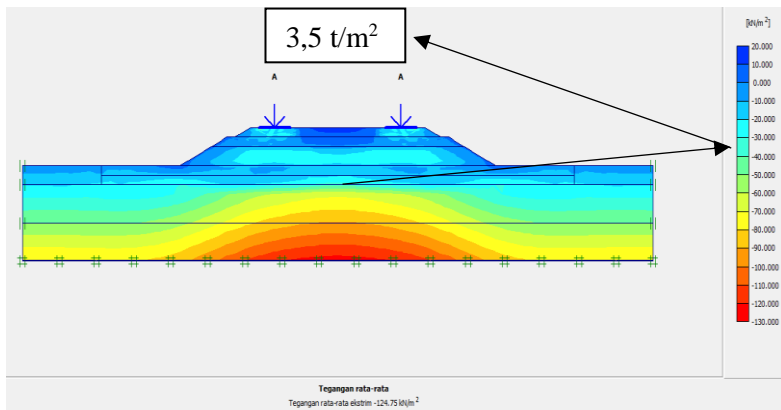
Analisa 2 :

Dalam analisa 2 tanah asli diganti dengan sirtu sedalam 100 cm, kemudian dimodelkan kedalam Plaxis 8.6.

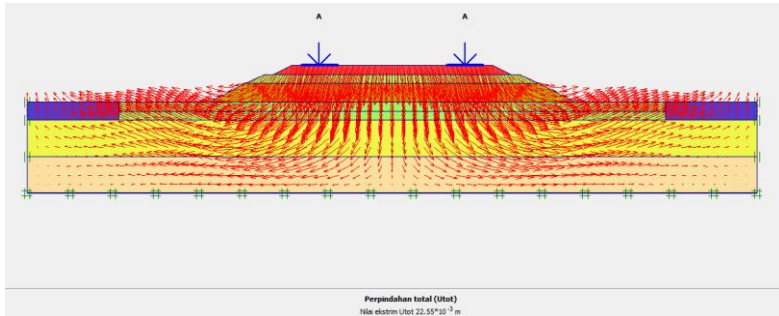


Gambar 4. 19 Pemodelan Beban Plaxis 8.6 Untuk Perbaikan Tanah

Setelah dilakukan perbaikan tanah dan di analisa menggunakan Plaxis 8.6 didapat tegangan tanah sebesar $3,5 \text{ t/m}^2 < 4,8 \text{ t/m}^2$ dari tegangan yang terjadi di lapangan dan nilai displacement 0,888 inch

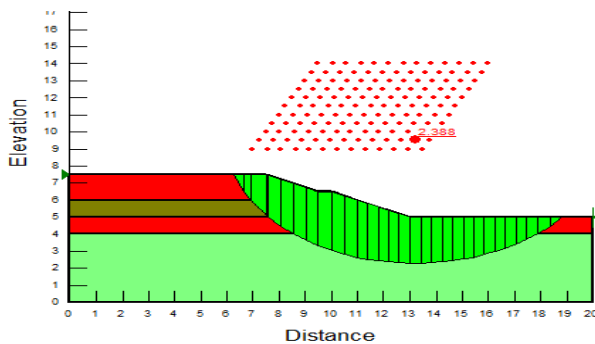


Gambar 4. 20 Hasil Analisa Tegangan Tanah Perbaikan Plaxis 8.6



Gambar 4. 21 Hasil Analisa Displacement Tanah Perbaikan Plaxis 8.6

Kemudian dikontrol dengan menggunakan program Geoslope untuk menentukan faktor keamanan.



Gambar 4. 22 Safety Faktor Pada Program Geoslope

Berdasarkan perhitungan stabilitas kelongsoran dengan menggunakan Program Geoslope, didapat faktor keamanan 2,388 > 2 dari faktor keamanan yang diijinkan, maka badan jalan tersebut aman untuk jalan kereta api.

4.2.6 Perencanaan Sambungan

Digunakan sambungan melayang dan penempatan secara siku. Untuk pelat yang digunakan adalah plat lurus pada trase yang lurus dan plat siku pada tikungan.

4.2.6.1 Penentuan Letak Lubang Baut

Letak lubang-lubang untuk tempat baut penyambung ditentukan sebagai berikut (dalam Wahyudi, H 1983) (Gambar 2.10)

$$\begin{aligned}\text{Diameter oval (w)} &= \phi_{\text{baut}} + \frac{1}{2} \Delta L \\ &= 24 + \frac{1}{2} \times 10 = 29 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jarak ujung lubang baut paling tepi dari ujung rel (m) adalah :

$$\begin{aligned}m &= \frac{1}{2} \times (a + d - w) \\ &= \frac{1}{2} \times (160 + 24 - 29) = 77,5 \text{ mm, buat 8 mm dari tepi rel}\end{aligned}$$

Dimana :

a = jarak antara pusat baut paling ujung dari kedua belah rel

d = diameter baut

w = diameter baut oval

4.2.6.2 Gaya yang bekerja pada baut penyambung

Baut plat penyambung harus kuat menahan gaya sebagai berikut (dalam penjelasan Peraturan Dinas No. 10).

$$H = T' + T''$$

$$M = H \times (a + b + c)$$

$$M' = H \times (a + b)$$

$$M'' = T'' \times (a + b) + T''' \times c$$

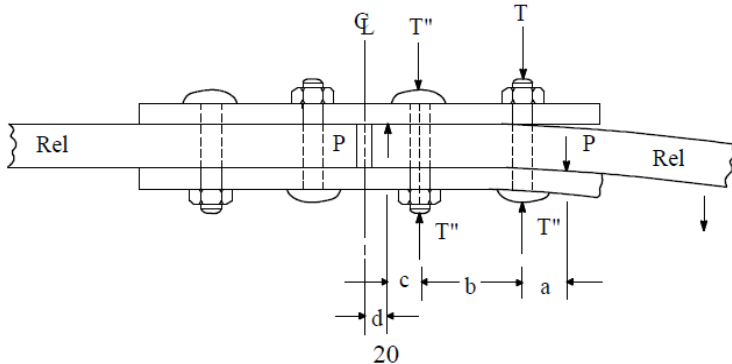
Dimana :

H = Gaya lateral yang bekerja di tengah-tengah plat penyambung

T' dan T'' = Gaya tarik baut sebelah luar dan dalam

M' dan M'' = Momen peralihan sebelah dalam dan luar plat antara pusat tekanan rel yang akan disambung

M = Momen total arah lateral



Gambar 4. 23 Sambungan Pada Rel

Dipakai baut diameter ϕ 24 mm, diameter draf (ϕ_d) 23 mm

$$\text{Luas baut} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi_d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 23^2 = 415,27 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kekuatan tarik baut} = 0,75 \times 4,1527 \times 4000 = 12458,1 \text{ kg}$$

Kekuatan baut akibat beban bolak balik

$$T = 0,5 \times 12458,1 \text{ kg} = 6229,1 \text{ kg}$$

Dipakai R.54, tekanan roda = 7000 kg untuk kelas jalan III dengan kecepatan maksimum 100 km/jam

$$V_{\text{renc}} = 100 \text{ km/jam}$$

Kemiringan tepi bawah rel = 1 : 2,75 (Tabel 3.12 PD 10)

$$P_d = 11000 \text{ kg}$$

$$Q = \frac{P_d}{2} = \frac{11000}{2} = 5500 \text{ kg}$$

$$H = \frac{1}{2,75} \times Q = \frac{1}{2,75} \times 5500 = 2000 \text{ kg}$$

Dengan direncanakan nilai $a = 7 \text{ cm}$, $b = 13 \text{ cm}$, $c = 4 \text{ cm}$ didapat momen yang terjadi pada baut (M)

$$M = H \times (a + b + c) = 2000 \times (7 + 13 + 4) = 4800 \text{ kgcm}$$

$$M' = H \times (a + b) = 2000 \times (7 + 13) = 40000 \text{ kgcm}$$

$$M' = T' \times b$$

$$40000 = T' \times 13$$

$$T' = \frac{40000}{13} = 3077 \text{ kg}$$

Gaya tarik yang bekerja pada baut sisi tengah

$$T' < T$$

$$3077 \text{ kg} < 6229,1 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Gaya aksial yang bekerja pada baut sisi luar

$$T'' = H - T' = 2000 - 3077 = -1077 \text{ kg}$$

$$T'' < T$$

$$1077 \text{ kg} < 6229,1 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

4.2.6.3 Menentukan Lebar Celah Sambungan

Rel merupakan material yang dibuat dari logam yang dapat berubah panjangnya akibat perubahan suhu. Untuk mengatasi perubahan panjang rel ini maka pada sambungan rel perlu diberikan celah.

Celah untuk rel standar dan rel pendek ($L = 25 \text{ m}$)

$$G = L \times \alpha \times (40 - t) + 2$$

Dimana :

L = Panjang rel

α = Koefisien muai rel ($1,2 \cdot 10^{-5}$)

t = Suhu pemasangan

Untuk rel dengan panjang 25 m, lebar celah pemasangan pada suhu 28° dihitung sebagai berikut :

$$G = 25000 \times 1,2 \cdot 10^{-5} \times (40 - 28) + 2 = 5,6 \text{ mm}$$

Rel panjang

Pada perencanaan ini rel tipe R.54 panjangnya 250 m. Lebar celah pada suhu pemasangan 28° adalah :

$$G = \frac{E \times A \times \alpha \times (50-t)^2}{2 \times L}$$

$$= \frac{2,1 \cdot 10^4 \times 69,34 \times 1,2 \cdot 10^{-5} \times (50-28)^2}{2 \times 250} = 18,91 \text{ mm}$$

4.2.7 Perencanaan Penambat

Untuk mencegah bantalan dari kerusakan akibat adanya getaran dengan frekuensi tinggi akibat kereta bergerak maka digunakan penambat elastis yang dapat mengurangi getaran pada rel terhadap bantalan.

Perhitungan :

- Alat penambat elastis = DE Spring Clips
- Daya jepit = 1300 kgf
- Jarak bantalan = 60 cm
- Jumlah penambat tiap 1,652 m (jarak gandar)

$$n = \frac{165,2}{60} = 3 \text{ pasang}$$

$$\text{Kuat jepit penambat} = 3 \times (1300 \times 2) = 7159 \text{ kg/pasang}$$

Gaya yang terjadi pada alat penambat

- a. Akibat pemuaian (sepanjang daerah muai $L = 250 \text{ m}$)

$$F_1 = \frac{G \times E \times A}{L} = \frac{0,01891 \times 2,1 \cdot 10^6 \times 69,34}{250} = 11016,88 \text{ kg}$$

Tiap jarak gandar 1,652 m

$$F_1 = \frac{11016,88}{250} \times 1,652 = 72,80 \text{ kg}$$

- b. $F_2 = f \times Pd$

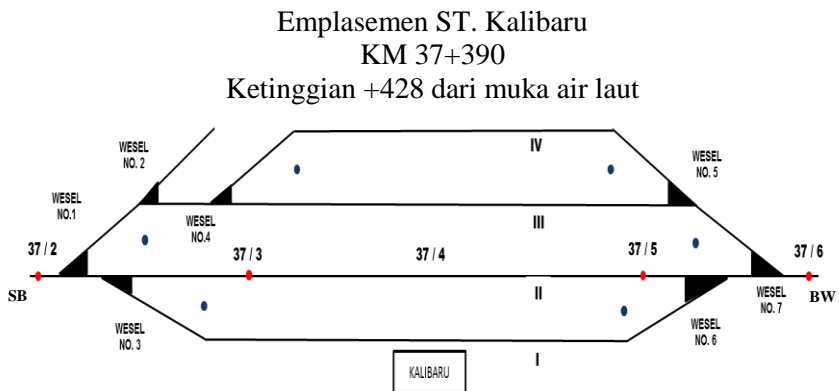
f = koefisien geser rel yang tergantung pada kecepatan kereta api

$$V = 100 \text{ km/jam, maka } f = 0,29$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{renc}} &= 1,25 \times V_{\text{maks}} = 1,25 \times 100 = 125 \text{ km/jam} \\
 F_2 &= f + [Ps + 0,01 \times Ps \times (\frac{V}{1,609} - 5)] \\
 &= 0,29 + [7000 + 0,01 \times 7000 \times (\frac{125}{1,609} - 5)] \\
 &= 3505,57 \text{ kg} \\
 F_{\text{tot}} &= F_1 + F_2 = 72,80 \text{ kg} + 3505,57 \text{ kg} \\
 &= 3578,37 \text{ kg} < \text{Kuat jepit} = 7159 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.2.8 Penentuan Wesel Pada Emplasement

Dalam penentuan letak wesel, penulis menggunakan data eksisting dari PT. KAI DAOP 9 Jember.



Sumber : PT. KAI DAOP 9 Jember

Tabel 4. 5 Letak Wesel Pada Emplasemen

WESEL								
NO	SUDUT	ARAH WESEL		TYPE REL	LIDAH	TERLAYAN		MERK
		KANAN	KIRI			PUSAT	SETEMPAT	
1	01.10		Kiri	R.42	Pegas	Pusat		1980
2	01.10	Kanan		R.42	Pegas	Pusat		"
3	01.10	Kanan		R.42	Pegas	Pusat		"
4	01.10		Kiri	R.42	Pegas	Pusat		"
5	01.10		Kiri	R.42	Pegas	Pusat		"
6	01.10		Kiri	R.42	Pegas	Pusat		"
7	01.10	Kanan		R.42	Pegas	Pusat		"

Sumber : PT. KAI DAOP 9 Jember

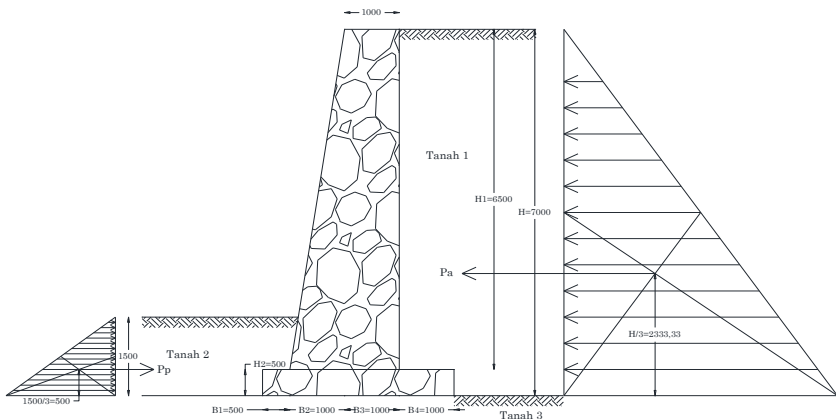
4.2.9 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Pada KM 12+580 sampai KM12+680 terdapat sebuah lereng setinggi 7 m disisi kanan jalur eksisting dari arah Banyuwangi Baru. Maka untuk membangun jalur baru yang rencananya dibangun di sisi kanan maka lereng tersebut harus dikupas dan diberi dinding penahan tanah (Retaining Wall) sekitar 100 m agar tidak longsor. Dan dilakukan kontrol agar dinding tersebut tidak guling.



Gambar 4. 24 Jalur Eksisting KM 12+580 – KM 12+680

4.2.9.1 Dimensi Dinding Penahan Tanah



Gambar 4. 25 Rencana Dinding Penahan Tanah

Berat jenis batu kali (γ_b) = 2,2 t/m³

Data tanah 1 :

Berat jenis tanah (γ_t) = 1,991 t/m³

Sudut geser (ϕ) = 35,56°

Kohesi (c) = 0,001 kg/cm²

Data tanah 2 :

Berat jenis tanah (γ_t) = 2,037 t/m³

Sudut geser (ϕ) = 38,09°

Kohesi (c) = 0,004 kg/cm²

Data tanah 3 :

Berat jenis tanah (γ_t) = 2,090 t/m³

Sudut geser (ϕ) = 39,31°

Kohesi (c) = 0,006 kg/cm²

4.2.9.2 Menghitung Berat Dinding Penahan Tanah

Berat sendiri dinding penahan tanah dihitung dengan cara mengalikan volume dalam dengan berat jenis pasangan batu kali. Dari desain dinding penahan tanah maka distribusi bebannya dapat dilihat seperti di bawah ini :

Data dimensi dinding penahan tanah :

H = 7 m B₃ = 1 m

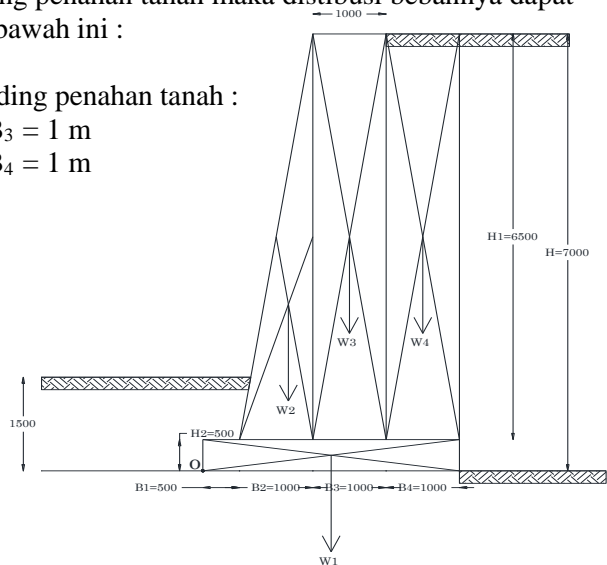
H₁ = 6,5 m B₄ = 1 m

H₂ = 0,5 m

B = 3,5 m

B₁ = 0,5 m

B₂ = 1 m



Gambar 4. 26 Berat Sendiri Dinding Penahan Tanah

Dari gambar diatas tersebut dapat dihitung :

$$W_1 = B \times H_2 \times \gamma_b = 3,5 \times 0,5 \times 2,2 = 3,9 \text{ ton}$$

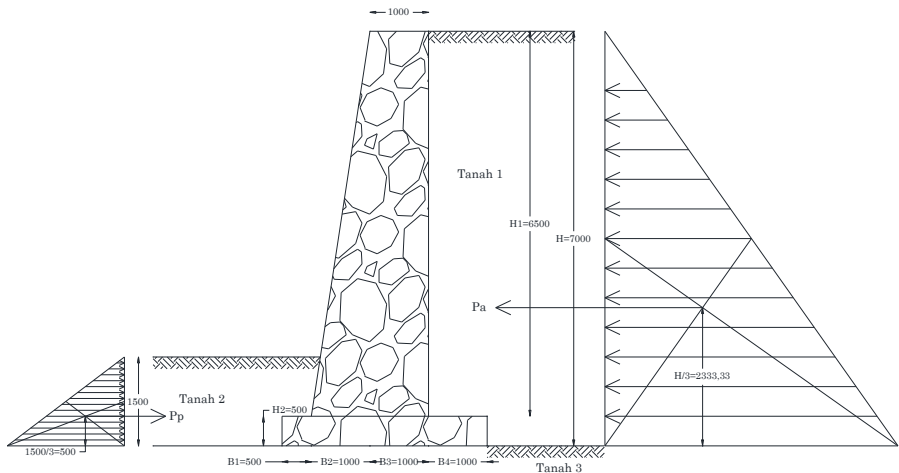
$$W_2 = \frac{1}{2} \times B_2 \times H_1 \times \gamma_b = \frac{1}{2} \times 1 \times 6,5 \times 2,2 = 7,15 \text{ ton}$$

$$W_3 = B_3 \times H_1 \times \gamma_b = 1 \times 6,5 \times 2,2 = 14,3 \text{ ton}$$

$$W_4 = B_4 \times H_1 \times \gamma_b = 1 \times 6,5 \times 1,991 = 12,94 \text{ ton}$$

4.2.9.3 Menghitung Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

Dengan adanya perbedaan elevasi tanah maka tentunya suatu dinding penahan tanah akan mengalami gaya tekanan dari tanah, baik tekanan aktif maupun pasif. Maka, setelah menghitung berat sendiri dinding penahan tanah, langkah selanjutnya adalah menggambar tekanan tanah aktif dan pasif seperti di bawah ini :



Gambar 4. 27 Tekanan Tanah Pada Dinding Penahan

Sebelum menghitung nilai tekanan tanah aktif maupun tekanan tanah pasifnya, terlebih dahulu harus menghitung koefisien tekanan tanah aktif dan pasif. Perhitungannya sebagai berikut :

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{35,56}{2} \right) = 0,265$$

$$K_p = \frac{1}{Ka} = \frac{1}{0,265} = 3,78$$

Nilai K_a dan K_p sudah dihitung, maka selanjutnya kita hitung Tekanan tanah aktif dan pasif masing-masing bidang.

- Tekanan tanah aktif

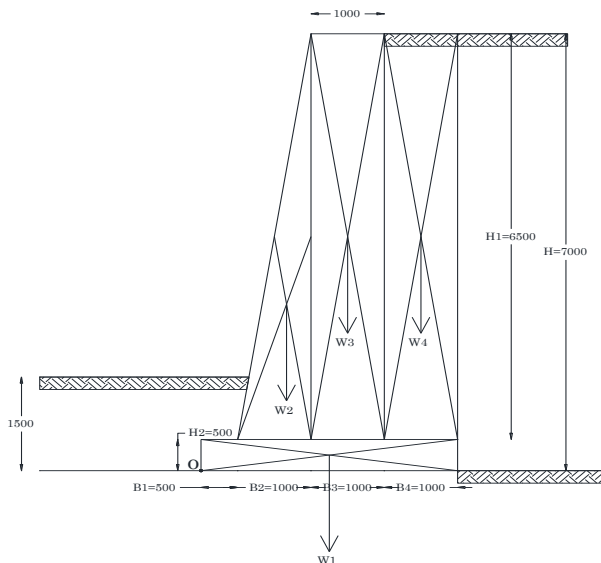
$$P_a = \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma t \times H^2 = \frac{1}{2} \times 0,265 \times 1,991 \times 7^2 = 12,91 \text{ ton}$$

- Tekanan tanah pasif

$$P_p = \frac{1}{2} \times K_p \times \gamma t \times H_2^2 = \frac{1}{2} \times 3,78 \times 2,037 \times 1,5^2 = 8,66 \text{ ton}$$

4.2.9.4 Menghitung Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Stabilitas guling berkaitan dengan momen yang terjadi pada struktur dinding penahan. Momen tersebut terjadi karena adanya gaya-gaya lateral tanah terhadap dinding penahan, baik tekanan tanah aktif maupun pasif terhadap titik guling struktur dinding penahan tanah. Selain itu akan terjadi momen resistensi dikarenakan berat sendiri struktur terhadap titik guling, yang akan berfungsi untuk menahan momen guling akibat gaya aktif tanah.



Gambar 4. 28 Letak Titik O Pada Dinding Penahan

Untuk langkah selanjutnya kita hitung dan rangkum perhitungan gaya-gaya momen seperti pada tabel di bawah ini :

$$\text{Momen (ton.m)} = \text{gaya (ton)} \times \text{jarak (m)}$$

Tabel 4. 6 Momen Akibat Berat Sendiri Struktur Dinding Penahan Tanah

Bidang	W (berat) ton	Jarak Dari Titik Guling O (m)	Momen (ton.m)
1	3,9	1,75	6,74
2	7,15	1,00	7,15
3	14,3	1,75	25,03
4	12,94	3,00	38,82
Total	38,2		77,7

Jadi, $\Sigma W = 38,2$ ton

$$\Sigma M_w = 77,7 \text{ ton.m}$$

Momen akibat gaya lateral tanah

Untuk tekanan aktif

Tabel 4. 7 Momen Akibat Tekanan Tanah Aktif

P_a (ton)	Jarak Dari Titik Guling O (m)	Momen (ton.m)
12,91	2,33	30,11

Untuk tekanan pasif

Tabel 4. 8 Momen Akibat Tekanan Tanah Pasif

P_p (ton)	Jarak Dari Titik Guling O (m)	Momen (ton.m)
8,66	0,50	4,33

Jadi total, $\Sigma P = 12,91 - 8,66 = 4,24$ ton

$$\Sigma M_g = 30,11 - 4,33 = 25,78 \text{ ton}$$

1. Stabilitas Guling

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah di belakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding, dengan pusat rotasi terletak pada ujung kaki depan dinding penahan tanah.

$$\begin{aligned} F_{gl} &= \frac{\text{Momen yang akan melawan}}{\text{Momen yang akan menggulingkan}} > 1,5 \\ &= \frac{\Sigma M_w}{\Sigma M_{Pa}} > 1,5 \\ &= \frac{77,7}{30,11} > 1,5 \\ &= 2,58 > 1,5 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

2. Stabilitas Geser

Stabilitas geser berkaitan dengan gaya transversal yang dapat menggeser struktur dinding penahan tanah. Akan tetapi gaya tersebut akan ditahan oleh gaya gesek yang terjadi antara bidang dasar dinding penahan tanah dengan tanah yang ada di bawahnya.

$$\begin{aligned} F_{gs} &= \frac{\Sigma W \tan \phi + c B + P_p}{P_a} > 2 \\ &= \frac{38,2 \times \tan 35,56 + 0,01 \times 3,5 + 8,66}{12,91} > 2 \\ &= 2,79 > 2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

3. Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas Daya Dukung Tanah

Dalam hal ini akan digunakan persamaan Hansen pada perhitungan, dengan menganggap pondasi terletak di permukaan.

$$X_e = \frac{\Sigma M_w - \Sigma MP_a}{\Sigma W} = \frac{77,7 - 30,11}{38,2} = 1,25 \text{ m}$$

Eksentrisitas (e)

$$e = \frac{B}{2} - X_e = \frac{3,5}{2} - 1,25 = 0,505 \text{ m}$$

Lebar efektif (B')

$$B' = B - 2e = 3,5 - 2 \times 0,505 = 2,49 \text{ m}$$

$$A' = B' \times 1 = 2,49 \times 1 = 2,49 \text{ m}^2$$

Gaya – gaya yang ada pada dinding

- Gaya horizontal = 12,91 ton
- Gaya vertikal = 38,2 ton

Faktor kemiringan beban

$$\begin{aligned} i_q &= [1 - (\frac{0,5 \Sigma H}{\Sigma V + A' c \times \tan \phi})]^2 \\ &= [1 - (\frac{0,5 \times 12,91}{38,2 + 2,49 \times 0,06 \times \tan 39,31})]^2 \\ &= 0,398 \end{aligned}$$

Dengan nilai $\phi = 39,31^\circ$ maka diperoleh

$$N_c = 67,870$$

$$N_q = 55,960$$

$$N_\gamma = 92,25$$

$$\begin{aligned} i_c &= i_q - (\frac{1 - i_q}{N_q - 1}) \\ &= 0,398 - (\frac{1 - 0,398}{55,960 - 1}) = 0,387 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_y &= [1 - (\frac{0,7 \Sigma H}{\Sigma V + A' c \times \cotan \phi})]^5 \\ &= [1 - (\frac{0,7 \times 12,91}{38,2 + 2,49 \times 0,06 \times \tan 39,31})]^5 \\ &= 0,263 \end{aligned}$$

Kapasitas Dukung Ultimit untuk Pondasi di permukaan menurut Hansen :

$$\begin{aligned} q_u &= i_q \times c \times N_c + i_\gamma \times 0,5 \times B' \times \gamma \times N_\gamma \\ &= 0,398 \times 0,1 \times 67,870 + 0,263 \times 0,5 \times 2,49 \times 2,090 \times 92,25 \\ &= 64,65 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Bila dihitung berdasarkan lebar pondasi efektif, yaitu tekanan pondasi ke tanah dasar terbagi rata secara sama, maka

$$q' = \frac{\Sigma V}{B'} = \frac{38,2}{2,49} = 15,35 \text{ t/m}^2$$

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah:

$$F = \frac{q_u}{q'} = \frac{64,65}{15,35} = 4,21 > 3 \text{ (OK)}$$

Penentuan daya dukung ijin

$$q \text{ ijin} = \frac{q_u}{FK} = \frac{64,65}{3} = 21,55 \text{ t/m}^2$$

Gaya V yang bekerja pada titik berjarak $e < 1/6B$ menimbulkan tegangan tanah pada kedua ujung dasar dinding. Dengan menggunakan perumusan pada sub-bab 2.3.9, distribusi tegangan sepanjang base sebagai berikut :

$$\begin{aligned} q \text{ maks,min} &= \frac{P}{F} \pm \frac{M}{W} \\ &= \frac{\Sigma V}{L \times B} \pm \frac{\Sigma V \times e}{\frac{1}{6} \times L \times B^2} \\ &= \frac{38,2 \frac{\text{ton}}{\text{m}} \times 100 \text{ m}}{100 \text{ m} \times 3,5 \text{ m}} \pm \frac{6 \times (38,2 \frac{\text{ton}}{\text{m}} \times 100 \text{ m}) \times 0,505 \text{ m}}{100 \text{ m} \times (3,5 \text{ m})^2} \\ &= 10,926 \text{ t/m}^2 \pm 9,452 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$q \text{ maks} = 20,379 \text{ t/m}^2$$

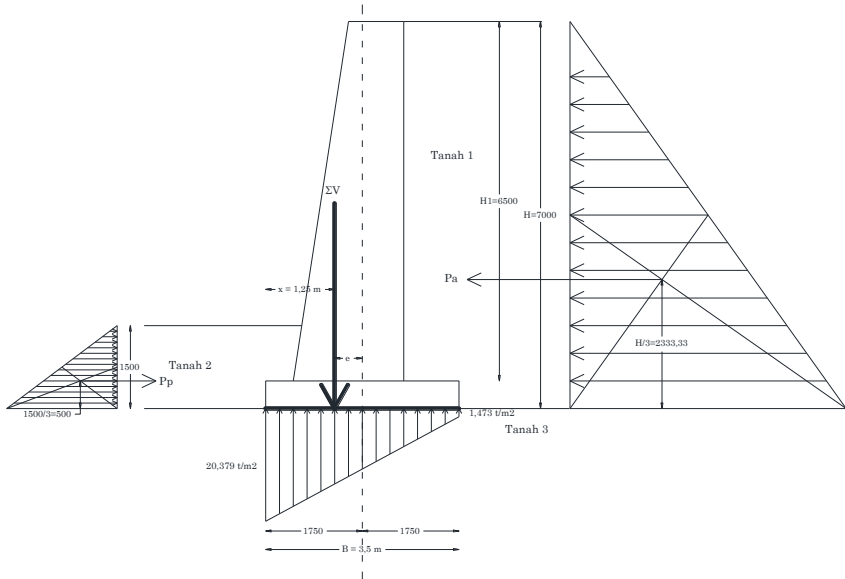
$$q \text{ min} = 1,473 \text{ t/m}^2$$

Kontrol stabilitas

$q_{\text{ijin}} > q_{\text{maks}}$

$21,55 \text{ t/m}^2 > 20,379 \text{ t/m}^2$ (memenuhi daya dukung tanah)

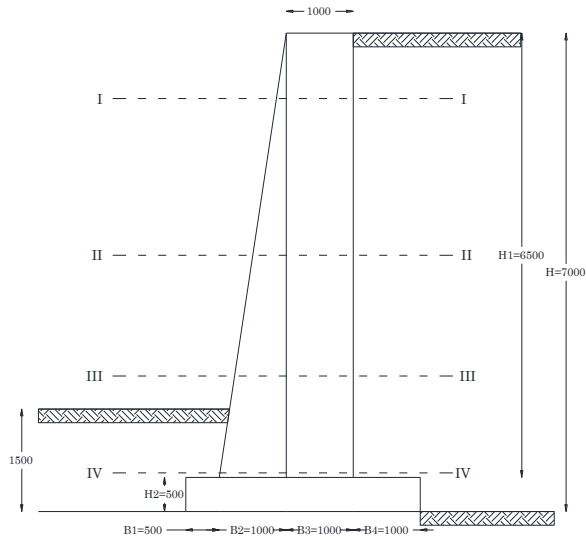
Jadi struktur dinding penahan tanah tidak pecah oleh pengaruh beban yang bekerja dan juga tidak rusak oleh pengaruh momen dan tekanan



Gambar 4. 29 Tegangan Tanah Pada Dasar Dinding Penahan Tanah

4. Kontrol Terhadap Kekuatan Struktur

Untuk menghitung kekuatan struktur maka perlu di cek terhadap beberapa potongan (lihat Gambar 4.30)



Gambar 4. 30 Kekuatan Struktur Pada Tiap Potongan

Kontrol Retak Struktur Dinding Penahan Tanah

Dengan menggunakan perumusan pada sub-bab 2.3.9, diisyaratkan $q_{maks} < q$ bahan pasangan batu kali (150 t/m^2) agar struktur dinding penahan tanah tidak mengalami pecah.

1. Potongan I – I

$$\begin{aligned}
 q_{maks} &= \frac{\Sigma V}{L \times B} + \frac{\Sigma V \times e}{\frac{1}{6} \times L \times B^2} \\
 &= \frac{417,736}{100 \times 2,147} + \frac{417,736 \times 0,505}{\frac{1}{6} \times 100 \times 2,147^2} \\
 &= 1,946 \text{ t/m}^2 + 2,744 \text{ t/m}^2 \\
 &= 4,690 \text{ t/m}^2 < 150 \text{ t/m}^2 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

2. Potongan II – II

$$\begin{aligned}
 q_{maks} &= \frac{\Sigma V}{L \times B} + \frac{\Sigma V \times e}{\frac{1}{6} \times L \times B^2} \\
 &= \frac{1542,475}{100 \times 2,5} + \frac{1542,475 \times 0,505}{\frac{1}{6} \times 100 \times 2,5^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 6,170 \text{ t/m}^2 + 7,473 \text{ t/m}^2 \\
 &= 13,643 \text{ t/m}^2 < 150 \text{ t/m}^2 \quad \textbf{(OK)}
 \end{aligned}$$

3. Potongan III – III

$$\begin{aligned}
 q \text{ maks} &= \frac{\Sigma V}{L \times B} + \frac{\Sigma V \times e}{\frac{1}{6} \times L \times B^2} \\
 &= \frac{2530,682}{100 \times 2,772} + \frac{2530,682 \times 0,505}{\frac{1}{6} \times 100 \times 2,772^2} \\
 &= 9,129 \text{ t/m}^2 + 9,973 \text{ t/m}^2 \\
 &= 19,102 \text{ t/m}^2 < 150 \text{ t/m}^2 \quad \textbf{(OK)}
 \end{aligned}$$

4. Potongan IV – IV

$$\begin{aligned}
 q \text{ maks} &= \frac{\Sigma V}{L \times B} + \frac{\Sigma V \times e}{\frac{1}{6} \times L \times B^2} \\
 &= \frac{3398,604}{100 \times 2,989} + \frac{3398,604 \times 0,505}{\frac{1}{6} \times 100 \times 2,989^2} \\
 &= 11,370 \text{ t/m}^2 + 11,519 \text{ t/m}^2 \\
 &= 22,889 \text{ t/m}^2 < 150 \text{ t/m}^2 \quad \textbf{(OK)}
 \end{aligned}$$

BAB V

KONSTRUKSI BANGUNAN PELENGKAP

5.1 Perencanaan Drainase Jalan Kereta Api

Sistem drainase, yaitu sistem pengaliran pembuangan air disuatu daerah jalan rel agar tidak sampai terjadi penggenangan. Sistem drainase berfungsi :

1. Mengurangi pengaruh air yang dapat merubah konsistensi tanah sehingga tubuh jalan selalu dalam kondisi firm (mantap, keras dan padat). Akibatnya pembentukan kantong-kantong balas tidak terjadi.
2. Tidak ada genangan air pada jalan rel (baik mengenai daerah balas maupun tubuh jalan), di mana ini akan menyebabkan terjadinya pembuangan lempung dan gaya (efek) pompa disaat kereta api lewat yang bisa maikin memperlemah kestabilan dan kekuatan jalan rel.

5.1.1 Curah Hujan Harian Maksimum

Sebelum merencanakan saluran drainase maka dibutuhkan data curah hujan daerah setempat, dalam hal ini data curah hujan di Kabupaten Banyuwangi selama 10 tahun terakhir.

Tabel 5. 1 Data Curah Hujan Harian Maksimum Sta. Hujan Banyuwangi

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
1	2007	110,12
2	2008	109,13
3	2009	109,81
4	2010	109,19
5	2011	104,30
6	2012	109,71
7	2013	106,87
8	2014	108,30
9	2015	105,86
10	2016	108,69

Sumber : Website Badan Pusat Statistik Banyuwangi, 2016

5.1.2 Perhitungan Parameter Statistik Data

Dari data hujan yang diperoleh maka selanjutnya diolah untuk mendapatkan beberapa parameter yang digunakan untuk perhitungan curah hujan rencana.

Tabel 5. 2 Perhitungan Parameter Statistik Data

No.	Tahun	R (mm)	Log R	Log \bar{R}	(Log R - Log \bar{R})	(Log R - Log \bar{R}) ²	(Log R - Log \bar{R}) ³
1	2007	110,12	2,04	2,034	0,00771	0,00006	0,0000004581
2	2009	109,81	2,04		0,00648	0,00004	0,0000002727
3	2012	109,71	2,04		0,00609	0,00004	0,0000002258
4	2010	109,19	2,04		0,00403	0,00002	0,0000000652
5	2008	109,13	2,04		0,00379	0,00001	0,0000000543
6	2016	108,69	2,04		0,00203	0,00000	0,0000000084
7	2014	108,30	2,03		0,00047	0,00000	0,0000000001
8	2013	106,87	2,03		-0,00530	0,00003	-0,0000001490
9	2015	105,86	2,02		-0,00943	0,00009	-0,0000008373
10	2011	104,30	2,02		-0,01587	0,00025	-0,0000039991
Jumlah		1081,98	20,34		0,00000	0,00054	-0,0000039007

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

Perhitungan parameter statistik data diatas adalah :

$$\text{Log } \bar{R} = \frac{\sum \text{Log } R}{n} = \frac{20,34}{10} = 2,034$$

$$\overline{Sd \text{ Log } R} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } R - \text{Log } \bar{R})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,00054}{10-1}} = 0,00776$$

$$Cv = \frac{\overline{Sd \text{ Log } R}}{\text{Log } \bar{R}} = \frac{0,00776}{2,034} = 0,00382$$

$$Cs = \frac{\sum (\text{Log } R - \text{Log } \bar{R})^3 \cdot n}{(n-1)(n-2)(\overline{Sd \text{ Log } R})^3} = \frac{-0,0000039007 \cdot 10}{(10-1)(10-2)(0,00776)^3} = -1,16$$

5.1.3 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Menentukan nilai k distribusi Log Person Type III

$$C_s = -1,16$$

$$C_s = -1,2 \quad k = 1,086$$

$$C_s = -1 \quad k = 1,128$$

$$k = 1,128 + \frac{-1,16 - (-1)}{-1,2 - (-1)} \times (1,086 - 1,128) = 1,095$$

$$\begin{aligned} \overline{\text{Log } R} &= \text{Log } \bar{R} + (k \times \overline{\text{Sd Log } R}) \\ &= 2,034 + (1,095 \times 0,00776) = 2,0427 \end{aligned}$$

Jadi, curah hujan rencana dalam 10 tahun

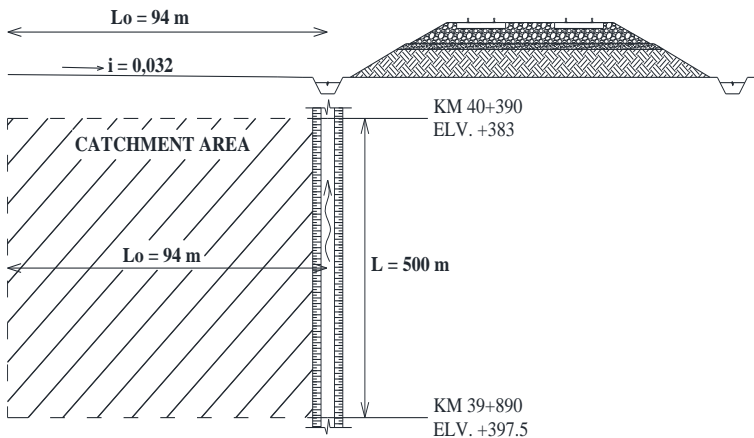
$$R_t = 10^{\overline{\text{Log } R}}$$

$$R_t = 10^{2,0427}$$

$$R_t = 110,32 \text{ mm}$$

5.1.4 Perhitungan Debit Air Rencana

Diketahui dari data lapangan :



Gambar 5. 1 Catchment Area

Panjang saluran rencana (L) = 500 m

Kemirina catchment (i_o) = 0,032

Jarak titik terjauh DAS dengan inlet saluran (L_o) = 94 m

Luas catchment area (A_1) = 0,04417161 km²

Koefisien aliran (C) = 0,75 (daerah pemukiman)

Perhitungan waktu konsentrasi (t_c)

$$t_o = 0,0195 \times \left(\frac{L_o}{\sqrt{i_o}}\right)^{0,77} = 0,0195 \times \left(\frac{249,47}{\sqrt{0,032}}\right)^{0,77} = 2,428 \text{ menit}$$

$$= 0,04 \text{ jam}$$

$$V_1 = 72 \times \left(\frac{i_o \times L}{L}\right)^{0,6} = 72 \times \left(\frac{0,032 \times 500}{500}\right)^{0,6} = 9,11 \text{ m/det}$$

$$t_f = \frac{L}{V \times 3600} = \frac{500}{9,11 \times 3600} = 0,015 \text{ jam}$$

$$t_c = t_o + t_f = 0,04 \text{ jam} + 0,015 \text{ jam} = 0,055 \text{ jam}$$

Perhitungan curah hujan periode ulang 10 tahun

$$R_{24} = 110,32 \text{ mm (Perhitungan sub bab 5.1.3)}$$

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24}\right) \left(\frac{24}{t_c}\right)^{2/3} = \left(\frac{110,32}{24}\right) \left(\frac{24}{0,055}\right)^{2/3} = 262,2 \text{ mm/jam}$$

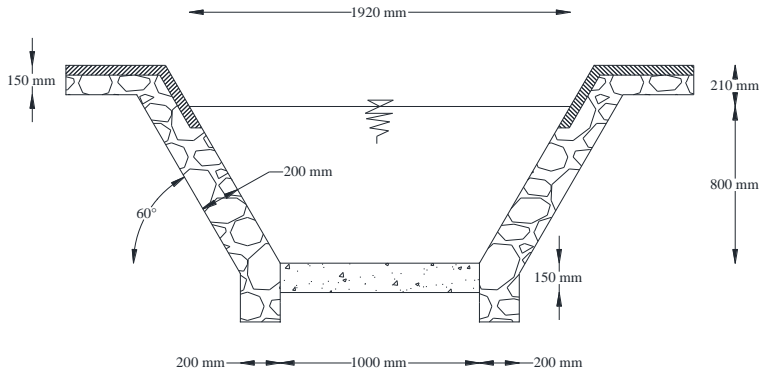
Besarnya debit air rencana, Q_1 (m³/ det)

$$Q_1 = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A_1 = \frac{1}{3,6} \times 0,75 \times 262,2 \times 0,04417161$$

$$= 2,41 \text{ m}^3/\text{det}$$

5.1.5 Perhitungan Dimensi Saluran Rencana

Direncanakan saluran bentuk trapesium :



Gambar 5. 2 Rencana Saluran Drainase

Data dimensi saluran :

Sudut kemiringan (α)	$= 60^\circ$
Tinggi rencana air (H)	$= 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$
Lebar dasar saluran (B)	$= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$
Lebar permukaan air (T)	$= 192 \text{ cm} = 1,92 \text{ m}$
Luas penampang basah (A_2)	$= \frac{(192 + 100)}{2} \times 80 = 11695 \text{ cm}^2$ $= 1,1695 \text{ m}^2$
Keliling Penampang basah (P)	$= 100 + (2 \times \frac{80}{\sin 60^\circ}) = 284,75 \text{ cm}$ $= 2,8475 \text{ m}$
Tinggi jagaan (w)	$= \sqrt{0,5 \times 80} + 15 = 21 \text{ cm}$ $= 0,21 \text{ m}$
Jari-jari hidrolis (R_2)	$= \frac{11695}{284,75} = 41 \text{ cm} = 0,41 \text{ m}$
Miring dasar saluran (s)	$= 0,005$ (sesuai PM 60 Tahun 2012)
Koefisien kekasaran (n)	$= 0,013$ (sesuai PD 10 Tahun 1986)

Menghitung kecepatan aliran rencana dalam saluran (m/det)

$$V_2 = \frac{1}{n} \times R_2^{2/3} \times S^{1/2} = \frac{1}{0,013} \times 0,41^{2/3} \times 0,005^{1/2}$$

$$= 3,26 \text{ m/det}$$

Ukuran penampang saluran harus cukup besar sehingga mampu menampung debit air hujan yang menuju saluran

$$Q_2 > 1,2 Q_1$$

$$V_2 \times A_2 > 1,2 \times Q_1$$

$$3,26 \times 1,1695 > 1,2 \times 2,41$$

$$3,81 \text{ m}^3/\text{det} > 2,90 \text{ m}^3/\text{det} \quad \textbf{(OK)}$$

Untuk perhitungan selanjutnya lihat tabel 5.3

Tabel 5. 3 Perhitungan Drainase Jalan Kereta Api

No	Dari KM	Ke KM	L	i_o	L_o	A	C	Kondisi	Q_1	Saluran	α	H	B	Q_2	$1,2 Q_1$	$1,2 Q_1 < Q_2$
			(m)		(m)	(km^2)			(m^3/det)		(o)	(m)	(m)	(m^3/det)	(m^3/det)	
1	37+390	37+890	500	0,023	132	0,06208435	0,5	Pemukiman	1,80	Persegi	90	1	1	2,83	2,16	OK
2	37+890	38+390	500	0,034	88	0,04204448	0,75	Sawah	2,40	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,88	OK
3	38+390	38+890	500	0,037	82	0,03974973	0,75	Sawah	2,38	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,85	OK
4	38+890	39+390	500	0,032	93	0,04399537	0,75	Sawah	2,42	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,90	OK
5	39+390	39+890	500	0,029	102	0,04668213	0,75	Sawah	2,41	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,90	OK
6	39+890	40+390	500	0,032	94	0,04417161	0,75	Sawah	2,41	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,90	OK
7	40+390	40+890	500	0,028	107	0,04305646	0,75	Sawah	2,16	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,59	OK
8	40+890	41+390	500	0,039	77	0,03904466	0,75	Sawah	2,44	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,92	OK
9	41+390	41+890	500	0,027	110	0,04386048	0,75	Sawah	2,16	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,59	OK
10	41+890	42+390	500	0,041	73	0,07710382	0,75	Sawah	4,98	Trapeسيوم	60	0,8	1	6,65	5,98	OK
11	42+390	42+890	500	0,030	100	0,06998344	0,5	Pemukiman	2,45	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,93	OK
12	42+890	43+390	500	0,035	85	0,03991261	0,5	Pemukiman	2,89	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	3,47	OK
13	43+390	43+890	500	0,035	86	0,06831019	0,75	Sawah	3,96	Trapeسيوم	60	1	1	5,67	4,75	OK
14	43+890	44+390	500	0,034	88	0,05844151	0,75	Sawah	3,34	Trapeسيوم	60	1	1	5,67	4,00	OK
15	44+390	44+890	500	0,030	100	0,04065025	0,5	Pemukiman	1,42	Persegi	60	0,8	1	3,81	1,70	OK
16	44+890	45+390	500	0,030	99	0,0461136	0,5	Pemukiman	1,62	Persegi	60	0,8	1	3,81	1,95	OK
17	45+390	45+890	500	0,028	109	0,04748096	0,75	Sawah	2,35	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,82	OK
18	45+890	46+390	500	0,033	90	0,04188397	0,75	Sawah	2,36	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,83	OK
19	46+390	46+890	500	0,033	91	0,04591908	0,75	Sawah	2,56	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	3,08	OK
20	46+890	47+390	500	0,034	87	0,04163104	0,75	Sawah	2,39	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,87	OK
21	47+390	47+890	500	0,038	78	0,03895916	0,75	Sawah	2,41	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,89	OK
22	47+890	48+390	500	0,036	83	0,04072081	0,75	Sawah	2,42	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,90	OK
23	48+390	48+890	500	0,032	95	0,04503221	0,75	Sawah	2,44	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,93	OK
24	48+890	49+390	500	0,028	107	0,04648862	0,75	Sawah	2,33	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,79	OK
25	49+390	49+890	500	0,031	97	0,04475425	0,75	Sawah	2,39	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,87	OK
26	49+890	50+390	500	0,030	99	0,05370437	0,75	Sawah	2,83	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	3,40	OK
27	50+390	50+890	500	0,031	98	0,04399289	0,75	Sawah	2,34	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,80	OK

28	50+890	51+390	500	0,031	96	0,04486406	0,5	Pemukiman	1,61	Persegi	90	1	1	2,83	1,93	OK
29	51+390	51+890	500	0,034	89	0,04411099	0,75	Sawah	2,50	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	3,00	OK
30	51+890	52+390	500	0,037	82	0,04092474	0,75	Sawah	2,45	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,94	OK
31	52+390	52+890	500	0,032	95	0,04365511	0,75	Sawah	2,37	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,84	OK
32	52+890	53+390	500	0,038	79	0,04069259	0,75	Sawah	2,50	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,99	OK
33	53+390	53+890	500	0,028	107	0,04775984	0,75	Sawah	2,39	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,87	OK
34	53+890	54+390	500	0,029	102	0,0531875	0,75	Sawah	2,75	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	3,30	OK
35	54+390	54+890	500	0,034	88	0,0380692	0,5	Pemukiman	1,45	Persegi	90	1	1	2,83	1,74	OK
36	54+890	55+390	500	0,036	84	0,03977356	0,5	Pemukiman	1,56	Persegi	90	1	1	2,83	1,87	OK
37	55+390	55+890	500	0,026	114	0,04098631	0,75	Sawah	1,97	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,36	OK
38	55+890	56+390	500	0,028	107	0,04749575	0,75	Sawah	2,38	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,85	OK
39	56+390	56+890	500	0,025	122	0,06019586	0,75	Sawah	2,76	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	3,31	OK
40	56+890	57+390	500	0,026	114	0,05941276	0,75	Sawah	2,85	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	3,42	OK
41	57+390	57+890	500	0,028	108	0,0563839	0,75	Sawah	2,81	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	3,37	OK
42	57+890	58+390	500	0,023	131	0,0458371	0,75	Sawah	2,00	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,40	OK
43	58+390	58+890	500	0,031	98	0,04544626	0,75	Sawah	2,41	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,90	OK
44	58+890	59+390	500	0,037	82	0,04050462	0,75	Sawah	2,42	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,91	OK
45	59+390	59+890	500	0,038	78	0,04023933	0,75	Sawah	2,49	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,99	OK
46	59+890	60+390	500	0,037	82	0,032926	0,75	Sawah	1,97	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,36	OK
47	60+390	60+890	500	0,058	52	0,01779804	0,75	Sawah	1,43	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	1,72	OK
48	60+890	61+390	500	0,029	105	0,04401143	0,75	Sawah	2,23	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,68	OK
49	61+390	61+890	500	0,036	83	0,04162497	0,75	Sawah	2,47	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,96	OK
50	61+890	62+390	500	0,028	107	0,04443566	0,5	Pemukiman	1,48	Persegi	90	1	1	2,83	1,78	OK
60	62+390	62+890	500	0,032	93	0,04332776	0,75	Sawah	2,38	Persegi	90	1	1,2	3,68	2,86	OK
61	62+890	63+390	500	0,030	99	0,04541515	0,75	Sawah	2,40	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,88	OK
62	63+390	63+890	500	0,024	127	0,05207334	0,75	Sawah	2,32	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,79	OK
63	63+890	64+390	500	0,027	113	0,05043264	0,75	Sawah	2,43	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,92	OK
64	64+390	64+890	500	0,024	127	0,08938121	0,75	Sawah	3,99	Trapeسيوم	60	1	1	5,67	4,78	OK
65	64+890	65+390	500	0,021	144	0,07492267	0,75	Sawah	3,07	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	3,68	OK
66	65+390	65+890	500	0,039	76	0,03513594	0,75	Sawah	2,21	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,65	OK
67	65+890	66+390	500	0,035	86	0,03838762	0,5	Pemukiman	1,48	Persegi	60	1	1	2,65	1,78	OK
68	66+390	66+890	500	0,032	94	0,0437956	0,75	Sawah	2,39	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,87	OK
69	66+890	67+390	500	0,034	87	0,04326394	0,75	Sawah	2,49	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,99	OK

70	67+390	67+890	500	0,029	104	0,04666723	0,75	Sawah	2,38	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,86	OK
71	67+890	68+390	500	0,033	91	0,04393212	0,75	Sawah	2,45	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,94	OK
72	68+390	68+890	500	0,032	94	0,04342757	0,75	Sawah	2,37	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,85	OK
73	68+890	69+390	500	0,033	92	0,04105013	0,75	Sawah	2,27	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,73	OK
74	69+390	69+890	500	0,033	90	0,04216942	0,75	Sawah	2,37	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,85	OK
75	69+890	70+390	500	0,036	83	0,0418953	0,75	Sawah	2,49	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,98	OK
76	70+390	70+890	500	0,037	81	0,0406084	0,75	Sawah	2,45	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,94	OK
77	70+890	71+390	500	0,032	93	0,04435491	0,5	Pemukiman	1,63	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	1,95	OK
78	71+390	71+890	500	0,027	112	0,04190963	0,75	Sawah	2,03	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,44	OK
79	71+890	72+390	500	0,033	91	0,04197157	0,5	Pemukiman	1,56	Persegi	90	0,8	1	2,15	1,87	OK
80	72+390	72+890	500	0,030	99	0,0468713	0,5	Pemukiman	1,65	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	1,98	OK
81	72+890	73+390	500	0,034	87	0,04192482	0,75	Sawah	2,41	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,89	OK
82	73+390	73+890	500	0,034	89	0,0418783	0,75	Sawah	2,37	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,85	OK
83	73+890	74+390	500	0,027	110	0,04507039	0,75	Sawah	2,22	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,66	OK
84	74+390	74+890	500	0,032	93	0,04188924	0,75	Sawah	2,30	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,77	OK
85	74+890	75+390	500	0,024	126	0,05212543	0,75	Sawah	2,34	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,80	OK
86	75+390	76+000	510	0,027	112	0,0448898	0,75	Sawah	2,17	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,61	OK
87	76+000	0+000	440	0,035	86	0,0367349	0,75	Sawah	2,18	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,61	OK
88	0+000	0+485	485	0,038	80	0,03890875	0,75	Sawah	2,38	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,86	OK
89	0+485	0+985	500	0,030	101	0,04399913	0,75	Sawah	2,29	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,75	OK
90	0+985	1+485	500	0,025	120	0,05160902	0,75	Sawah	2,39	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,87	OK
91	1+485	1+985	500	0,027	111	0,0433233	0,75	Sawah	2,12	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,54	OK
92	1+985	2+485	500	0,038	80	0,04070873	0,75	Sawah	2,48	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,97	OK
93	2+485	2+985	500	0,028	106	0,0432867	0,75	Sawah	2,18	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,62	OK
94	2+985	3+485	500	0,029	102	0,04602178	0,75	Sawah	2,38	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,86	OK
95	3+485	3+985	500	0,028	106	0,0468358	0,75	Sawah	2,36	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,83	OK
96	3+985	4+485	500	0,025	119	0,04781704	0,75	Sawah	2,23	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,67	OK
97	4+485	4+985	500	0,033	90	0,03892328	0,75	Sawah	2,19	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,63	OK
98	4+985	5+485	500	0,033	91	0,03865884	0,75	Sawah	2,16	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,59	OK
99	5+485	5+985	500	0,023	128	0,0521458	0,75	Sawah	2,31	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,78	OK
100	5+985	6+485	500	0,023	128	0,05222527	0,75	Sawah	2,32	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,78	OK
101	6+485	6+985	500	0,036	83	0,04114978	0,5	Pemukiman	1,63	Persegi	90	1	1	2,83	1,95	OK
102	6+985	7+485	500	0,030	100	0,04704641	0,75	Sawah	2,47	Trapeسيوم	60	0,8	1	3,81	2,96	OK

103	7+485	7+985	500	0,034	88	0,0436614	0,5	Pemukiman	1,66	Trapesium	60	0,8	1	3,81	1,99	OK
104	7+985	8+485	500	0,029	105	0,04607883	0,75	Sawah	2,34	Trapesium	60	0,8	1	3,81	2,80	OK
105	8+485	8+985	500	0,036	84	0,0408239	0,75	Sawah	2,40	Trapesium	60	0,8	1	3,81	2,88	OK
106	8+985	9+485	500	0,030	99	0,04108324	0,75	Sawah	2,17	Trapesium	60	0,8	1	3,81	2,60	OK
107	9+485	9+985	500	0,027	111	0,0481671	0,75	Sawah	2,35	Trapesium	60	0,8	1	3,81	2,82	OK
108	9+985	10+485	500	0,026	117	0,05284463	0,75	Sawah	2,49	Trapesium	60	0,8	1	3,81	2,99	OK
109	10+485	10+985	500	0,017	179	0,05652003	0,75	Sawah	1,99	Trapesium	60	0,8	1	3,81	2,39	OK
110	10+985	11+485	500	0,022	136	0,0546988	0,5	Pemukiman	1,55	Trapesium	60	0,8	1	3,81	1,86	OK
111	11+485	11+985	500	0,020	152	0,06084585	0,75	Sawah	2,40	Trapesium	60	0,8	1	3,81	2,88	OK
112	11+985	12+485	500	0,034	87	0,04296415	0,75	Sawah	2,47	Trapesium	60	0,8	1	3,81	2,97	OK
113	12+485	12+985	500	0,022	138	0,05647815	0,5	Pemukiman	1,59	Persegi	90	1	1	2,83	1,90	OK
114	12+985	13+485	500	0,038	79	0,04099491	0,75	Sawah	2,51	Trapesium	60	0,8	1	3,81	3,02	OK
115	13+485	13+985	500	0,037	81	0,03995446	0,5	Pemukiman	1,61	Trapesium	60	0,8	1	3,81	1,93	OK
116	13+985	14+485	500	0,035	85	0,04147873	0,75	Sawah	2,42	Trapesium	60	0,8	1	3,81	2,91	OK
117	14+485	14+985	500	0,020	150	0,06224919	0,75	Sawah	2,48	Trapesium	60	0,8	1	3,81	2,97	OK
118	14+985	15+485	500	0,025	118	0,0529429	0,75	Sawah	2,48	Trapesium	60	0,8	1	3,81	2,98	OK
119	15+485	15+985	500	0,030	101	0,04466062	0,75	Sawah	2,32	Trapesium	60	0,8	1	3,81	2,79	OK
120	15+985	16+485	500	0,030	100	0,04579463	0,75	Sawah	2,40	Trapesium	60	0,8	1	3,81	2,88	OK
121	16+485	16+985	500	0,027	113	0,05130621	0,75	Sawah	2,48	Trapesium	60	0,8	1	3,81	2,97	OK
122	16+985	17+485	500	0,029	102	0,04288606	0,5	Pemukiman	1,48	Trapesium	60	0,8	1	3,81	1,77	OK
123	17+485	17+985	500	0,031	97	0,03550123	0,75	Sawah	1,90	Trapesium	60	0,8	1	3,81	2,28	OK
124	17+985	18+485	500	0,031	97	0,04274954	0,75	Sawah	2,29	Persegi	90	1	1	2,83	2,74	OK

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

5.2 Perencanaan Jembatan Kereta Api

Dalam tugas akhir ini direncanakan jembatan kereta api BH-200 yang terletak di KM 46+274 yang menghubungkan antara Glenmore dengan Sumberwadung. Jembatan ini direncanakan dengan bentang 30 m dan menggunakan tipe jembatan rangka batang.

5.2.1 Data Perencanaan Jembatan

Bentang jembatan	: 30 m
Jarak antar gelagar memanjang	: 1 m
Jarak antar gelagar melintang (λ)	: 5 m
Tinggi Rangka	: 5 m
Jarak antar rel	: 1,067 m
Tipe rel R-50	: 50,40 kg/m
BJ bantalan kayu	: 815,77 kg/m ³
Panjang bantalan	: 1,8 m
Tinggi bantalan	: 0,18 m
Lebar bantalan	: 0,22 m
Jarak antar bantalan	: 0,5 m

5.2.2 Perencanaan Gelagar Memanjang

Direncanakan pada gelagar memanjang menggunakan profil WF 350x350x10x16. Dengan data propertis sebagai berikut :

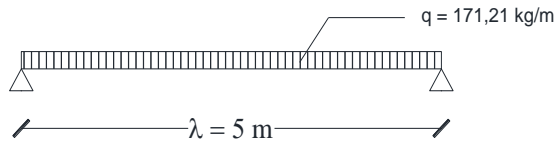
$h = 35 \text{ cm}$	$tw = 1 \text{ cm}$
$b = 35 \text{ cm}$	$A = 146 \text{ cm}^2$
$tf = 1,6 \text{ cm}$	$q = 115 \text{ kg/m}$
$I_x = 33300 \text{ cm}^4$	$Z_x = 2069,664 \text{ cm}^3$

5.2.2.1 Pembebanan akibat beban mati

1. Beban profil = 115 kg/m
2. Beban bantalan = $0,22 \text{ m} \times 0,18 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 815,77 \text{ kg/m}^3 = 58,15 \text{ kg}$

$$= \frac{58,15 \text{ kg}}{2} = 29,07 \text{ kg (beban terpusat)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{29,07 \text{ kg}}{\lambda} = \frac{29,07 \text{ kg}}{5 \text{ m}} = 5,81 \text{ kg/m} \\
 3. \text{ Berat rel} &= 50,40 \text{ kg/m} \\
 \text{Jadi, } q &= 115 \text{ kg/m} + 5,81 \text{ kg/m} + 50,40 \text{ kg/m} \\
 &= 171,21 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 3 Beban Merata Akibat Beban Mati Gelagar Memanjang

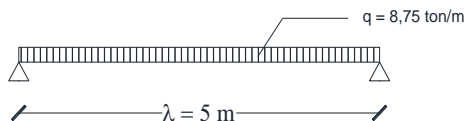
Momen maksimal akibat beban mati pada gelagar memanjang.

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{8} \times q \times \lambda^2 = \frac{1}{8} \times 171,21 \text{ kg/m} \times 5^2 = 535,05 \text{ kgm}$$

$$R = \frac{1}{2} \times q \times \lambda = \frac{1}{2} \times 163,21 \text{ kg/m} \times 5 = 428,04 \text{ kg}$$

5.2.2.2 Pembebanan akibat beban hidup

Berdasarkan pembebanan Rencana Muatan 1921 untuk jalan kereta api pembebanan hanya diambil akibat beban terberat. Di dalam perencanaan ini menggunakan standar lokomotif uap dengan lebih dari 8 gandar ditambah kereta batu bara dengan beban total 168 Ton atau $8,75 \text{ ton/m}^2$.



Gambar 5. 4 Beban Merata Akibat Beban Hidup Gelagar Memanjang

Momen maksimal akibat beban hidup pada gelagar memanjang.

$$R = \frac{1}{2} \times q \times \lambda = \frac{1}{2} \times 8750 \text{ kg/m} \times 5 = 21875 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= R \times \frac{\lambda}{2} - \left(\frac{1}{2} \times q \times \left(\frac{\lambda}{2} \right)^2 \right) = 21875 \times 2,5 - \frac{1}{2} \times 8750 \times 2,5^2 \\ &= 27343,75 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Untuk satu gelagar memanjang

$$R = \frac{21875 \text{ kg}}{2} = 10937,5 \text{ kg}$$

$$M_{\text{maks}} = \frac{27343,75 \text{ kgm}}{2} = 13671,875 \text{ kgm}$$

5.2.2.3 Pembebanan akibat beban rem

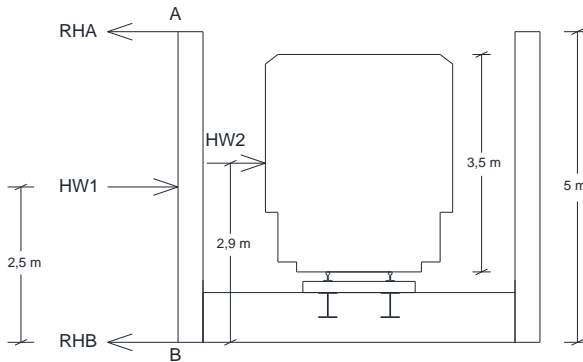
Beban Pengereman adalah 25% dari beban kereta, bekerja pada pusat gaya berat kereta ke arah rel.

$$\begin{aligned} R &= 25\% \times W_{\text{lokomotif}} \\ &= 25\% \times 84000 \text{ kg} = 21000 \text{ kg} \end{aligned}$$

5.2.2.4 Pembebanan akibat beban angin

Untuk jembatan rangka, luas bidang sisi jembatan yang terkena angin diambil 30% dari luas sisi jembatan ditambah 15% dari luas sisi yang lain.

1. Tinggi Lokomotif = 3,5 m
2. Beban angin bekerja tegak lurus rel, secara horisontal, tipikal nilainya = 120 kg/m²



Gambar 5. 5 Beban Angin Pada Jembatan Rangka

Gaya angin pada sisi rangka jembatan :

$Hw1 = (30\% \times q_w \times \text{luas sisi jembatan}) + (15\% \times q_w \times \text{luas sisi jembatan})$

$$= (30\% \times 120 \times (\frac{1}{2} \times (30+25) \times 5)) + (15\% \times 120 \times (\frac{1}{2} \times (30+25) \times 5))$$

$$= 7425 \text{ kg}$$

Gaya angin pada lokomotif :

$Hw2 = q_w \times \text{tinggi lokomotif} \times \text{bentang jembatan}$

$$= 120 \times 3,5 \times 30 = 12600 \text{ kg}$$

Gaya pertambahan angin atas:

$$\Sigma M_B = 0$$

$$Hw1 \times 2,5 - R_{HA} \times 5 + Hw2 \times 2,9 = 0$$

$$7425 \times 2,5 - R_{HA} \times 5 + 12600 \times 2,9 = 0$$

$$R_{HA} = 11020,5 \text{ kg}$$

$$\text{Pada 1 buhul} = \frac{1}{4} \times R_{HA} = \frac{1}{4} \times 11020,5 \text{ kg} = 2755,13 \text{ kg}$$

$$\text{Pada buhul tepi} = \frac{1}{2} \times 2204,1 = 1377,56 \text{ kg}$$

Gaya pertambahan angin bawah :

$$R_{HB} = Hw1 + Hw2 - R_{HA} \\ = 7425 + 12600 - 11020,5 = 9005 \text{ kg}$$

$$\text{Pada 1 buhul} = \frac{1}{5} \times R_{HB} = \frac{1}{5} \times 9005 \text{ kg} = 1800,9 \text{ kg}$$

$$\text{Pada buhul tepi} = \frac{1}{2} \times 1800,9 = 900,45 \text{ kg}$$

5.2.3 Kombinasi pembebanan beban mati dan beban hidup

$$M = \text{Beban mati} + \text{Beban hidup} \\ = 535,05 \text{ kgm} + 13671,875 \text{ kgm} \\ = 14206,921 \text{ kgm}$$

$$R = \text{Beban mati} + \text{Beban hidup} \\ = 428,04 \text{ kg} + 10937,5 \text{ kg} \\ = 11365,54 \text{ kg}$$

5.2.4 Kontrol Desain Gelagar Memanjang

5.2.4.1 Kontrol Lendutan

$$q = \text{beban mati} + \text{beban hidup} \\ = 1,7121 \text{ kg/cm} + \frac{87,50 \text{ kg/cm}}{2} = 45,46 \text{ kg/cm}$$

$$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda = 500 \text{ cm}$$

$$I_x = 33300 \text{ cm}^4$$

Lendutan yang diijinkan :

$$f = \frac{\lambda}{800} = \frac{500 \text{ cm}}{800} = 0,625 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi akibat beban merata untuk satu gelagar memanjang :

$$f1 = \frac{5 \times q \times \lambda^4}{384 \times E \times I_x} = \frac{5 \times 45,46 \times 500^4}{384 \times 2100000 \times 33300} = 0,529 \text{ cm}$$

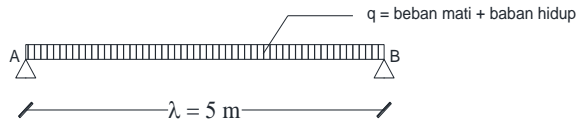
Jadi,

$$f > f1$$

$$0,625 \text{ cm} > 0,529 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

5.2.4.2 Kontrol Tegangan Geser

Gaya geser maksimum terjadi pada saat beban hidup dekat perletakan akibat beban mati dan beban hidup.



$$\begin{aligned} V_a &= \frac{1}{2} \times q \text{ beban mati} \times \lambda + \frac{1}{2} \times q \text{ beban hidup} \times \lambda \\ &= \frac{1}{2} \times 171,21 \text{ kg/m} \times 5 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 8750 \text{ kg/m} \times 5 \text{ m} \\ &= 22303,04 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,6 \times 2400 \times ((h - (2 \times t_f)) \times t_w) \\ &= 0,6 \times 2400 \times 31,2 \\ &= 44928 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_a &< 0,9 V_n \\ 22303,04 \text{ kg} &< 0,9 \times 44928 \text{ kg} \\ 22303,04 \text{ kg} &< 40435,2 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Gaya geser diatas bekerja pada sambungan antara balok memanjang dan balok melintang. Karena terdapat sambungan, gaya geser diterima oleh badan WF.

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } \delta_{\max} &\leq \delta_{\text{ijin}} \\ \delta_{\text{ijin}} &= 0,625 \times f_y \\ &= 0,625 \times 2400 \\ &= 1500 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\delta_{\max} = \frac{Va}{Aw} = \frac{22303,04}{31,2} = 714,84 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \delta_{\max} &\leq \delta_{\text{ijin}} \\ 714,84 \text{ kg/cm}^2 &\leq 1500 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

5.2.4.3 Kontrol Momen Lentur

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x \\ &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \times 2069,664 \text{ cm}^3 \\ &= 4967193,6 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_p &= 0,9 \times M_p \\ &= 0,9 \times 4967193,6 \text{ kgcm} \\ &= 4470474 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= M_D + M_L \\ &= 53505 \text{ kgcm} + 1367187,5 \text{ kgm kgcm} \\ &= 1420692,13 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_p &\geq M_u \\ 4470474 \text{ kgcm} &\geq 1420692,13 \text{ kgcm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

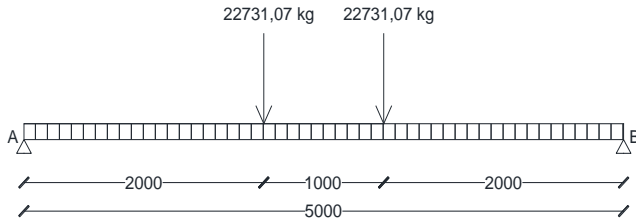
5.2.5 Perencanaan Gelagar Melintang

Direncanakan pada gelagar memanjang menggunakan profil WF 600x300x12x20. Dengan data propertis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} h &= 60 \text{ cm} & tw &= 1,2 \text{ cm} \\ b &= 30 \text{ cm} & A &= 192,5 \text{ cm}^2 \\ tf &= 2 \text{ cm} & q &= 151 \text{ kg/m} \\ I_x &= 118000 \text{ cm}^4 & Z_x &= 4020 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Pada gelagar melintang akan menerima beban dari gelagar memanjang sebesar 2 kali reaksi tumpuan.

$$\begin{aligned}
 P &= 2 \times \text{Reaksi pada tumpuan gelagar mamananjang} \\
 &= 2 \times 11365,54 \text{ kg} \\
 &= 22731,07 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 6 Beban Pada Gelagar Melintang

Mencari reaksi pada tumpuan A dan B balok melintang

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_a \times 5\text{m} - 22731,07 \times 3\text{m} - 22731,07 \times 2\text{m} - \frac{1}{2} \times 151 \text{ kg/m} \times (5\text{m})^2$$

$$R_a = 23108,57 \text{ kg}$$

$$R_b = R_a = 23108,57 \text{ kg}$$

Mencari momen maksimum di tengah bentang gelagar melintang

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= R_a \times 2,5 \text{ m} - 22731,07 \text{ kg} \times 0,5 \text{ m} - \frac{1}{2} \times q \times (2,5 \text{ m})^2 \\
 &= 23108,57 \text{ kg} \times 2,5 \text{ m} - 22731,07 \text{ kg} \times 0,5 \text{ m} \\
 &\quad - \frac{1}{2} \times 151 \text{ kg/m} \times (2,5 \text{ m})^2 \\
 &= 45934,02 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

5.2.6 Kontrol Desain Gelagar Melintang

5.2.6.1 Kontrol Lendutan

$$q = 151 \text{ kg/m} = 1,51 \text{ kg/cm}$$

$$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 500 \text{ cm}$$

$$I_x = 118000 \text{ cm}^4$$

Lendutan yang diijinkan :

$$f = \frac{L}{800} = \frac{500 \text{ cm}}{800} = 0,625 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi akibat beban terpusat P

$$\begin{aligned} f1 &= \frac{2 \times P \times b (3 \times L^2 - 4 \times b^2)}{48 \times E \times I_x} \\ &= \frac{2 \times 22731,07 \text{ kg} \times 200 \text{ cm} (3 \times 500^2 - 4 \times 200^2)}{48 \times 2100000 \times 118000} = 0,451 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lendutan yang terjadi akibat beban merata untuk satu gelagar memanjang :

$$f2 = \frac{5 \times q \times \lambda^4}{384 \times E \times I_x} = \frac{5 \times 1,51 \times 500^4}{384 \times 2100000 \times 118000} = 0,005 \text{ cm}$$

Jadi,

$$\begin{array}{rclcl} f & > & f1 & + & f2 \\ 0,625 \text{ cm} & > & 0,451 \text{ cm} & + & 0,005 \text{ cm} \\ 0,625 \text{ cm} & > & 0,456 \text{ cm} & & \text{(OK)} \end{array}$$

5.2.6.2 Kontrol Tegangan Geser

$$\begin{aligned} V_a &= 2 \times P \\ &= 2 \times 22691,08 \text{ kg} = 45462,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A \\ &= 0,6 \times 2400 \text{ kg/cm}^2 \times 192,5 \text{ cm}^2 \\ &= 277200 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{rclcl} V_a & < & 0,9 V_n & & \\ 45462,15 \text{ kg} & < & 0,9 \times 277200 \text{ kg} & & \\ 45462,15 \text{ kg} & < & 249480 \text{ kg} & & \text{(OK)} \end{array}$$

5.2.6.3 Kontrol Momen Lentur

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x \\ &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \times 4020 \text{ cm}^3 \\ &= 9648000 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

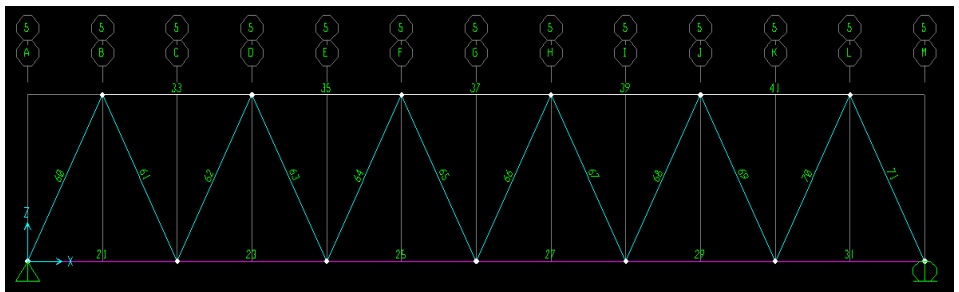
$$\begin{aligned} \Phi M_p &= 0,9 \times M_p \\ &= 0,9 \times 9648000 \text{ kgcm} \\ &= 8683200 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= M_{\max} \\ &= 45934,02 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{rcl} \Phi M_p & \geq & M_u \\ 8683200 \text{ kgcm} & \geq & 4593402 \text{ kgcm} \quad \textbf{(OK)} \end{array}$$

5.2.7 Perencanaan Profil Rangka

Dari hasil perhitungan SAP 2000 didapat gaya-gaya yang terjadi dalam batang rangka dan diambil yang terbesar.
(Kombinasi Dead + Live + Angin + Rem)



Gambar 5. 7 Frame Rangka Batang Pada SAP 2000

$$\begin{aligned} P \text{ Diagonal} &= 71133,436 \text{ kg (Tekan)} - \text{Frame 60} \\ &= 69977,886 \text{ kg (Tarik)} - \text{Frame 61} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ Horizontal} &= 113180,551 \text{ kg (Tekan)} - \text{Frame 37} \\ &= 75699,521 \text{ kg (Tarik)} - \text{Frame 25} \end{aligned}$$

Data-data perencanaan :

Mutu baja = BJ 37 dengan $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_{tr} = 0,75 \times 1600 \text{ kg/cm}^2$

$= 1200 \text{ kg/cm}^2$

5.2.7.1 Perencanaan Profil Rangka Diagonal

Direncanakan dengan profil WF 300x300x12x12

$A = 107,7 \text{ cm}^2$ $I_x = 5520 \text{ cm}^4$

$i_x = 12,5 \text{ cm}$ $q = 84,5 \text{ kg/m}$

$i_y = 7,16 \text{ cm}$ $L_k = 600 \text{ cm}$

$I_y = 16900 \text{ cm}^4$

Syarat kelangsingan, menurut PPBBI Pasal 7

$$\frac{L_k}{i_{min}} = \frac{600}{7,16} < 240$$

$$= 83,80 < 240 \quad (\text{OK})$$

Kontrol Kekuatan Batang Tarik

- Batas leleh

$$P_u = \phi \times f_y \times A_g$$

$$= 0,9 \times 2400 \times 107,7$$

$$= 232632 \text{ kg} > 69977,886 \text{ kg}$$

- Batas putus

$$A_n = A_g - [1 \times d_{baut} \times t_{plat}]$$

$$= 107,7 - [1 \times 1,6 \times 1,2]$$

$$= 106 \text{ cm}^2$$

$$A_e = 0,9 \times A_n$$

$$= 0,9 \times 106 \text{ cm}^2 = 95,202 \text{ cm}^2$$

$$P_u \leq \phi \times f_u \times A_e$$

$$69977,886 \text{ kg} \leq 0,75 \times 3700 \times 95,202$$

$$69977,886 \text{ kg} \leq 264185,6 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kontrol Kekuatan Batang Tekan

$$\lambda_x = \frac{Lk}{ix} = \frac{600}{12,5} = 48$$

$$\lambda_y = \frac{Lk}{iy} = \frac{600}{7,16} = 83,8$$

Dipakai yang terkecil $\lambda = 48$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{48}{3,14} \times \sqrt{\frac{2400}{2100000}} = 0,530$$

$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow$ Bentang menengah

$$\text{Dimana, } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,53} = 1,148$$

$$fcr = \frac{fy}{\omega} = \frac{2400}{1,148} = 2090 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat nominal profil :

$$\begin{aligned} P_n &= A_s \times fcr \\ &= 107,7 \times 2090 \\ &= 225077,40 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat rencana profil :

$$\begin{aligned} \Phi P_n &= 0,9 \times 225077,40 \text{ kg} \\ &= 202569,66 \text{ kg} > P_u = 71133,436 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

5.2.7.2 Perencanaan Profil Rangka Horizontal

Direncanakan dengan profil WF 300x300x15x15

$$A = 134,8 \text{ cm}^2 \quad I_x = 7100 \text{ cm}^4$$

$$ix = 12,6 \text{ cm} \quad q = 106 \text{ kg/m}$$

$$iy = 7,26 \text{ cm} \quad Lk = 500 \text{ cm}$$

$$I_y = 21500 \text{ cm}^4$$

Syarat kelangsingan, menurut PPBBI Pasal 7

$$\begin{aligned}\frac{Lk}{i \min} &= \frac{500}{7,26} < 240 \\ &= 68,87 < 240 \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Batang Tarik

- Batas leleh

$$\begin{aligned}P_u &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2400 \times 134,8 \\ &= 291168 \text{ kg} > 75699,521 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Batas putus

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - [1 \times d_{\text{baut}} \times t_{\text{plat}}] \\ &= 134,8 - [1 \times 1,6 \times 1,2] \\ &= 133 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_e &= 0,9 \times A_n \\ &= 0,9 \times 133 \text{ cm}^2 = 119,592 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_u &\leq \phi \times f_u \times A_e \\ 75699,521 \text{ kg} &\leq 0,75 \times 3700 \times 119,592 \\ 75699,521 \text{ kg} &\leq 331867,8 \text{ kg} \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Batang Tekan

$$\begin{aligned}\lambda_x &= \frac{Lk}{i_x} = \frac{500}{12,6} = 39,68 \\ \lambda_y &= \frac{Lk}{i_y} = \frac{500}{8,43} = 68,87\end{aligned}$$

Dipakai yang terkecil $\lambda = 39,68$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{39,68}{3,14} \times \sqrt{\frac{2400}{2100000}} = 0,438$$

$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow$ Bentang menengah

$$\text{Dimana, } \omega = \frac{1,43}{1,6-0,67 \lambda c} = \frac{1,43}{1,6-0,67 \times 0,438} = 1,094$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega} = \frac{2400}{1,094} = 2193 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat nominal profil :

$$\begin{aligned} P_n &= A_s \times f_{cr} \\ &= 134,8 \times 2193 \\ &= 295621,34 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat rencana profil :

$$\begin{aligned} \Phi P_n &= 0,9 \times 295621,34 \text{ kg} \\ &= 266059,21 \text{ kg} > P_u = 113180,551 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

5.2.8 Perencanaan Ikatan Angin

5.2.8.1 Perencanaan Ikatan Angin Bawah

Dari hasil perhitungan SAP 2000 didapat gaya-gaya yang terjadi dalam ikatan angin bawah dan diambil yang terbesar. (Kombinasi Dead + Live + Angin + Rem).

$$P = 17995,722 \text{ kg (Tekan)} - \text{Frame 155}$$

$$P = 25063,122 \text{ kg (Tarik)} - \text{Frame 157}$$

Direncanakan dengan profil L 120.120.12

$$A = 27,5 \text{ cm}^2$$

$$i_x = i_y = 3,66 \text{ cm}$$

$$L_k = 3,536 \text{ m}$$

$$q = 27,29 \text{ kg/m}$$

Syarat kelangsingan, menurut PPBBI Pasal 7

$$\begin{aligned} \frac{L_k}{i_{min}} &= \frac{353,6}{3,66} < 240 \\ &= 96,6 < 240 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Batang Tarik

- Batas leleh

$$\begin{aligned} P_u &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2400 \times 27,5 \\ &= 59400 \text{ kg} > 25063,122 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Batas putus

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - [1 \times d_{\text{baut}} \times t_{\text{plat}}] \\ &= 27,5 - [1 \times 1,6 \times 1,2] \\ &= 25,58 \text{ cm}^2 \\ A_e &= 0,9 \times A_n \\ &= 0,9 \times 25,58 \text{ cm}^2 = 23,02 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &\leq \phi \times f_u \times A_e \\ 25063,122 \text{ kg} &\leq 0,75 \times 3700 \times 23,02 \\ 25063,122 \text{ kg} &\leq 63886,1 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Batang Tekan

$$\lambda_x = \frac{Lk}{ix} = \frac{353,6}{3,66} = 96,6$$

$$\lambda_y = \frac{Lk}{iy} = \frac{353,6}{3,66} = 96,6$$

Dipakai $\lambda = 96,6$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{96,6}{3,14} \times \sqrt{\frac{2400}{2100000}} = 1,066$$

$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow$ Bentang menengah

$$\text{Dimana, } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 1,066} = 1,614$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega} = \frac{2400}{1,614} = 1487 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat nominal profil :

$$P_n = A_s \times f_{cr}$$

$$\begin{aligned}
 &= 27,5 \times 1487 \\
 &= 40891,29 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat rencana profil :

$$\begin{aligned}
 \Phi P_n &= 0,9 \times 40891,29 \text{ kg} \\
 &= 34757,59 \text{ kg} > P_u = 17995,722 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

5.2.8.2 Perencanaan Ikatan Angin Atas

Dari hasil perhitungan SAP 2000 didapat gaya-gaya yang terjadi dalam ikatan angin bawah dan diambil yang terbesar. (Kombinasi Dead + Live + Angin + Rem).

$$P = 601,952 \text{ kg (Tekan)} - \text{Frame 97}$$

Direncanakan dengan profil L 120.120.12

$$A = 27,5 \text{ cm}^2$$

$$i_x = i_y = 3,66 \text{ cm}$$

$$L_k = 2,795 \text{ m}$$

$$q = 21,59 \text{ kg/m}$$

Syarat kelangsingan, menurut PPBBI Pasal 7

$$\begin{aligned}
 \frac{L_k}{i_{\min}} &= \frac{279,5}{3,66} < 240 \\
 &= 76,37 < 240 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Batang Tekan

$$\lambda_x = \frac{L_k}{i_x} = \frac{279,5}{3,66} = 76,4$$

$$\lambda_y = \frac{L_k}{i_y} = \frac{279,5}{3,66} = 76,4$$

Dipakai $\lambda = 76,4$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{76,4}{3,14} \times \sqrt{\frac{2400}{2100000}} = 0,842$$

$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow$ Bentang menengah

$$\text{Dimana, } \omega = \frac{1,43}{1,6-0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6-0,67 \times 0,842} = 1,381$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega} = \frac{2400}{1,381} = 1738 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat nominal profil :

$$\begin{aligned} P_n &= A_s \times f_{cr} \\ &= 27,5 \times 1738 \\ &= 47793,95 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat rencana profil :

$$\begin{aligned} \Phi P_n &= 0,9 \times 47793,95 \text{ kg} \\ &= 40624,86 \text{ kg} > P_u = 601,952 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

5.2.9 Perencanaan Ikatan Tumbuk

Dari hasil perhitungan SAP 2000 didapat gaya-gaya yang terjadi dalam ikatan angin bawah dan diambil yang terbesar. (Kombinasi Dead + Live + Angin + Rem).

$$P = 3666,55 \text{ kg (Tekan) – Frame 76}$$

$$P = 3567,21 \text{ kg (Tarik) – Frame 72}$$

Direncanakan dengan profil L 50.50.5

$$A = 4,8 \text{ cm}^2$$

$$i_x = i_y = 1,52 \text{ cm}$$

$$L_k = 1,41 \text{ m}$$

$$q = 3,77 \text{ kg/m}$$

Syarat kelangsingan, menurut PPBBI Pasal 7

$$\begin{aligned}\frac{Lk}{i \min} &= \frac{141,421}{1,52} < 240 \\ &= 93,04 < 240 \quad \textbf{(OK)}\end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Batang Tarik

- Batas leleh

$$\begin{aligned}P_u &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2400 \times 4,80 \\ &= 10368 \text{ kg} > 3567,21 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Batas putus

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - [1 \times d_{\text{baut}} \times t_{\text{plat}}] \\ &= 4,8 - [1 \times 1,6 \times 1,2] \\ &= 2,88 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_e &= 0,9 \times A_n \\ &= 0,9 \times 2,88 \text{ cm}^2 = 2,59 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_u &\leq \phi \times f_u \times A_e \\ 3567,21 \text{ kg} &\leq 0,75 \times 3700 \times 2,59 \\ 3567,21 \text{ kg} &\leq 7192,8 \text{ kg} \quad \textbf{(OK)}\end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Batang Tekan

$$\lambda_x = \frac{Lk}{i_x} = \frac{141,421}{1,52} = 93$$

$$\lambda_y = \frac{Lk}{i_y} = \frac{141,421}{1,52} = 93$$

Dipakai $\lambda = 93$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{45,9}{3,14} \times \sqrt{\frac{2400}{2100000}} = 1,026$$

$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow$ Bentang menengah

$$\text{Dimana, } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 1,026} = 1,567$$

$$\text{fcr} = \frac{f_y}{\omega} = \frac{2400}{1,567} = 1531 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat nominal profil :

$$\begin{aligned} P_n &= A_s \times f_{cr} \\ &= 4,8 \times 1531 \\ &= 7349,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat rencana profil :

$$\begin{aligned} \Phi P_n &= 0,9 \times 7349,33 \text{ kg} \\ &= 6614,4 \text{ kg} > P_u = 3666,55 \text{ kg} \quad \textbf{(OK)} \end{aligned}$$

5.2.10 Perencanaan Sambungan

5.2.10.1 Gelagar Memanjang Dengan Gelagar Melintang

Data-data :

Gelagar memanjang menggunakan profil : WF 350x350x10x16

Gelagar melintang menggunakan profil : WF 600x300x12x20

Pelat penyambung = 1,2 cm, BJ 41 dengan $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Baut = ϕ 1,6 cm, BJ 50 dengan $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$

ϕ_{lubang} = 1,75 cm (dengan bor)

r_l = 0,4 (untuk baut dengan ulir)

m = jumlah bidang geser

$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times (1,6)^2 = 2,01 \text{ cm}^2$

Sambungan pada gelagar memanjang (2 bidang geser)

Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_d &= 0,75 \times r_l \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,4 \times 5000 \times 2 \times 2,01 \\ &= 6028,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned} R_d &= 0,75 \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 1,2 \times 4100 \\ &= 14169,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi diambil yang terkecil, 6028,8 kg

Gaya geser yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang $V_a = 45462,11 \text{ kg}$ (Subbab 5.2.5.2).

$$\text{Perkiraan jumlah baut } \Sigma_{\text{baut}} = \frac{45462,11}{6028,8} = 7,5 \sim 8 \text{ baut}$$

Penentuan jarak baut

$$3d < s < 15t_p \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$3 \times 1,6 < s < 15 \times 1,2 \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$4,8 \text{ cm} < s < 18 \text{ cm atau } 20 \text{ cm}$$

$$s = 10 \text{ cm}$$

$$1,5d < s_1 < (4t + 10) \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$1,5 \times 1,6 < s_1 < (4 \times 1,2 + 10) \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$2,4 < s_1 < 14,8 \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$s_1 = 6 \text{ cm}$$

Sambungan pada gelagar melintang

Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_d &= 0,75 \times r_l \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,4 \times 5000 \times 1 \times 2,01 \\ &= 3014,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned} R_d &= 0,75 \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 1,2 \times 4100 \\ &= 14169,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi diambil yang terkecil, 3014,4 kg

Gaya geser yang bekerja adalah gaser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang $V_a = 45462,15 \text{ kg}$ (Subbab 5.2.5.2).

$$\text{Perkiraan jumlah baut } \Sigma_{\text{baut}} = \frac{45462,15}{3014,4} = 15,05 \sim 16 \text{ baut}$$

Kontrol pelat siku L 150x150x12

$$b = 15 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 h &= 15 \text{ cm} \\
 t_p &= 1,2 \text{ cm} \\
 A &= 34,77 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas geser } A_{nv} &= A - (\sum_{\text{baut}} \phi_{\text{lubang}} \times t_p) \\
 &= 34,77 - (8 \times 1,6 \times 1,2) \\
 &= 17,97 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat rencana } \phi R_n &= 0,75 \times 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 17,97 \\
 &= 33154,65 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena 2 siku maka,

$$\begin{aligned}
 2 \times \phi R_n &> V_a = 45462,15 \text{ kg (Subbab 5.2.5.2).} \\
 2 \times 33154,65 \text{ kg} &> 45462,15 \text{ kg} \\
 66309,3 \text{ kg} &> 45462,15 \text{ kg} \quad \quad \quad \textbf{(OK)}
 \end{aligned}$$

5.2.10.2 Gelagar Melintang Dengan Rangka Batang

Data-data :

Gelagar melintang menggunakan profil : WF 600x300x12x20

Horizontal bawah menggunakan profil : WF 300x300x15x15

Pelat penyambung = 1,2 cm, BJ 41 dengan $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Baut = ϕ 1,6 cm, BJ 50 dengan $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$

ϕ_{lubang} = 1,75 cm (dengan bor)

r_l = 0,4 (untuk baut dengan ulir)

m = jumlah bidang geser

$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times (1,6)^2 = 2,01 \text{ cm}^2$

Sambungan pada gelagar melintang

Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned}
 V_d &= 0,75 \times r_l \times f_u \times m \times A_b \\
 &= 0,75 \times 0,4 \times 5000 \times 2 \times 2,01 \\
 &= 6028,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned} R_d &= 0,75 \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 1,2 \times 4100 \\ &= 14169,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi diambil yang terkecil, 6028,8 kg

Gaya geser yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang $V_a = 45462,15 \text{ kg}$ (Subbab 5.2.5.2).

$$\text{Perkiraan jumlah baut } \Sigma_{\text{baut}} = \frac{45462,15}{6028,8} = 7,52 \sim 10 \text{ baut}$$

Penentuan jarak baut

$$\begin{aligned} 3d &< s < 15t_p \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 3 \times 1,6 &< s < 15 \times 1,2 \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 4,8 \text{ cm} &< s < 18 \text{ cm atau } 20 \text{ cm} \\ s &= 10 \text{ cm} \\ 1,5d &< s_1 < (4t + 10) \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 1,5 \times 1,6 &< s_1 < (4 \times 1,2 + 10) \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 2,4 &< s_1 < 14,8 \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ s_1 &= 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sambungan pada rangka horizontal bawah (2 bidang geser)

Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_d &= 0,75 \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,4 \times 5000 \times 2 \times 2,01 \\ &= 6028,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned} R_d &= 0,75 \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 1,2 \times 4100 \\ &= 14169,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi diambil yang terkecil, 6028,8 kg

Gaya geser yang bekerja adalah geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang $V_a = 45462,15 \text{ kg}$ (Subbab 5.2.5.2).

$$\text{Perkiraan jumlah baut } \Sigma_{\text{baut}} = \frac{45462,15}{2 \times 6028,8} = 3,7 \sim 5 \text{ baut}$$

Kontrol pelat siku L 120x120x12

$$b = 12 \text{ cm}$$

$$h = 12 \text{ cm}$$

$$t_p = 1,2 \text{ cm}$$

$$A = 27,5 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas geser } A_{nv} &= A - (\Sigma_{\text{baut}} \times \phi_{\text{lubang}} \times t_p) \\ &= 27,5 - (5 \times 1,6 \times 1,2) \\ &= 17 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat rencana } \phi R_n &= 0,75 \times 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 17 \\ &= 31356 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena 2 siku maka,

$$2 \times \phi R_n > V_a = 45462,15 \text{ kg (Subbab 5.2.5.2).}$$

$$2 \times 31356 \text{ kg} > 45462,15 \text{ kg}$$

$$62730 \text{ kg} > 45462,15 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

5.2.10.3 Rangka Batang Horizontal Bawah

Data-data :

Gelagar rangka horizontal bawah : WF 300x300x15x15

Pelat penyambung = 1,2 cm, BJ 41 dengan $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Baut = ϕ 1,6 cm, BJ 50 dengan $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$

ϕ_{lubang} = 1,75 cm (dengan bor)

r_l = 0,4 (untuk baut dengan ulir)

m = jumlah bidang geser

$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times (1,6)^2 = 2,01 \text{ cm}^2$

Kekuatan geser baut

$$V_d = 0,75 \times r_l \times f_u \times m \times A_b$$

$$= 0,75 \times 0,4 \times 5000 \times 2 \times 2,01$$

$$= 6028,8 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpu baut

$$R_d = 0,75 \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 1,2 \times 4100$$

$$= 14169,6 \text{ kg}$$

Jadi diambil yang terkecil, 6028,8 kg

Gaya geser yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang $V_a = 75699,521 \text{ kg}$ (Tarik) – Frame 25 (Subbab 5.2.6)

Perkiraan jumlah baut $\Sigma_{\text{baut}} = \frac{75699,521}{2 \times 6028,8} = 6,27 \sim 7 \text{ baut}$ (baut untuk tiap flens)

Penentuan jarak baut (Jarak Horizontal)

$$3d < s < 15t_p \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$3 \times 1,6 < s < 15 \times 1,2 \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$4,8 \text{ cm} < s < 18 \text{ cm atau } 20 \text{ cm}$$

$$s = 10 \text{ cm}$$

$$1,5d < s_1 < (4t + 10) \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$1,5 \times 1,6 < s_1 < (4 \times 1,2 + 10) \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$2,4 < s_1 < 14,8 \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$s_1 = 6 \text{ cm}$$

Penentuan jarak baut (Jarak Vertikal)

$$3d < s < 15t_p \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$3 \times 1,6 < s < 15 \times 1,2 \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$4,8 \text{ cm} < s < 18 \text{ cm atau } 20 \text{ cm}$$

$$s = 6 \text{ cm}$$

$$1,5d < s_1 < (4t + 10) \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$1,5 \times 1,6 < s_1 < (4 \times 1,2 + 10) \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$2,4 < s1 < 14,8 \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$s1 = 5 \text{ cm}$$

5.2.10.4 Rangka Batang Horizontal Atas

Data-data :

Gelagar rangka horizontal atas : WF 300x300x15x15

Pelat penyambung = 1,2 cm, BJ 41 dengan $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Baut = ϕ 1,6 cm, BJ 50 dengan $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$

ϕ_{lubang} = 1,75 cm (dengan bor)

$r1$ = 0,4 (untuk baut dengan ulir)

m = jumlah bidang geser

Ab = $\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times (1,6)^2 = 2,01 \text{ cm}^2$

Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} Vd &= 0,75 \times r1 \times f_u \times m \times Ab \\ &= 0,75 \times 0,4 \times 5000 \times 2 \times 2,01 \\ &= 6028,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned} Rd &= 0,75 \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 1,2 \times 4100 \\ &= 14169,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi diambil yang terkecil, 6028,8 kg

Gaya geser yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang $V_a = 113180,551 \text{ kg}$ (Tekan) – Frame 37 (Subbab 5.2.6)

$$\text{Perkiraan jumlah baut } \Sigma_{\text{baut}} = \frac{113180,551}{2 \times 6028,8} = 9,38 \sim 16 \text{ baut}$$

Penentuan jarak baut (Jarak Horizontal)

$$3d < s < 15t_p \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$3 \times 1,6 < s < 15 \times 1,2 \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$4,8 \text{ cm} < s < 18 \text{ cm atau } 20 \text{ cm}$$

$$s = 10 \text{ cm}$$

$$1,5d < s1 < (4t + 10) \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$1,5 \times 1,6 < s1 < (4 \times 1,2 + 10) \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$2,4 < s1 < 14,8 \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$s1 = 6 \text{ cm}$$

Penentuan jarak baut (Jarak Vertikal)

$$3d < s < 15t_p \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$3 \times 1,6 < s < 15 \times 1,2 \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$4,8 \text{ cm} < s < 18 \text{ cm atau } 20 \text{ cm}$$

$$s = 6 \text{ cm}$$

$$1,5d < s1 < (4t + 10) \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$1,5 \times 1,6 < s1 < (4 \times 1,2 + 10) \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$2,4 < s1 < 14,8 \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$s1 = 5 \text{ cm}$$

5.2.10.5 Rangka Batang Diagonal

Data-data :

Gelagar rangka diagonal : WF 300x300x12x12

Pelat penyambung = 1,2 cm, BJ 41 dengan $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Baut = ϕ 1,6 cm, BJ 50 dengan $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$

$\phi_{\text{lubang}} = 1,75 \text{ cm}$ (dengan bor)

$r1 = 0,4$ (untuk baut dengan ulir)

$m = \text{jumlah bidang geser}$

$Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times (1,6)^2 = 2,01 \text{ cm}^2$

Kekuatan geser baut

$$Vd = 0,75 \times r1 \times f_u \times m \times Ab$$

$$= 0,75 \times 0,4 \times 5000 \times 2 \times 2,01$$

$$= 6028,8 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpu baut

$$Rd = 0,75 \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 1,2 \times 4100$$

$$= 14169,6 \text{ kg}$$

Jadi diambil yang terkecil, 6028,8 kg

Gaya geser yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang $V_a = 71133,436 \text{ kg}$ (Tekan)
– Frame 60 (Subbab 5.2.6)

$$\text{Perkiraan jumlah baut } \Sigma_{\text{baut}} = \frac{72825,579}{2 \times 6028,8} = 5,89 \sim 8 \text{ baut}$$

Penentuan jarak baut (Jarak Horizontal)

$$\begin{aligned} 3d &< s < 15t_p \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 3 \times 1,6 &< s < 15 \times 1,2 \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 4,8 \text{ cm} &< s < 18 \text{ cm atau } 20 \text{ cm} \\ s &= 16 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,5d &< s1 < (4t + 10) \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 1,5 \times 1,6 &< s1 < (4 \times 1,2 + 10) \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 2,4 &< s1 < 14,8 \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ s1 &= 7 \text{ cm} \end{aligned}$$

Penentuan jarak baut (Jarak Vertikal)

$$\begin{aligned} 3d &< s < 15t_p \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 3 \times 1,6 &< s < 15 \times 1,2 \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 4,8 \text{ cm} &< s < 18 \text{ cm atau } 20 \text{ cm} \\ s &= 8 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,5d &< s1 < (4t + 10) \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 1,5 \times 1,6 &< s1 < (4 \times 1,2 + 10) \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ 2,4 &< s1 < 14,8 \text{ atau } 20 \text{ cm} \\ s1 &= 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

5.2.11 Perencanaan Elastomer

5.2.11.1 Data-Data :

Beban Mati, DL	= 12479,14 kg
Beban Hidup, LL	= 65625 kg
Lebar Elastomer, W	= 450 mm
Tinggi Elastomer, H	= 140 mm
Panjang Elastomer, L	= 500
Tebal Lapisan, hri	= 17 mm
Tebal lapisan penutup, hc	= 4 mm
Jumlah lapisan, n	= 8
Fy	= 240 Mpa
Modulus Geser, G	= 0,6 Mpa sampai 1,3 Mpa = 0,7 Mpa

5.2.11.2 Perhitungan Elastomer

5.2.11.2.1 Faktor Bentuk

$$S = \frac{A}{I_p \times hri}$$

$$I_p = 2 \times (L + W)$$

$$A = L \times W$$

Dimana,

S = faktor bentuk

A = Luas keseluruhan

I_p = Keliling elastomer

hri = Ketebalan efektif karet pada lapisan

Maka,

$$I_p = 2 \times (L + W)$$

$$= 2 \times (500 \text{ mm} + 450 \text{ mm})$$

$$= 1900 \text{ mm}$$

$$A = L \times W$$

$$= 500 \text{ mm} \times 450 \text{ mm} = 225000 \text{ mm}^2 = 2250 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{225000 \text{ mm}}{1900 \text{ mm} \times 17 \text{ mm}} = 6,97$$

Kontrol faktor bentuk (S) untuk bantalan tipe berlapis

$$4 \leq S \leq 12$$

$$4 \leq 6,97 \leq 12 \quad (\text{OK})$$

5.2.11.2.2 Kontrol

1. Cek Tegangan Ijin

$$\begin{aligned} \sigma_s &= \frac{PDL + PLL}{A} \\ &= \frac{12479,14 \text{ kg} + 65625 \text{ kg}}{2250 \text{ cm}^2} \\ &= 34,71 \text{ kg/cm}^2 = 3,40 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\sigma_L = \frac{PLL}{A} = \frac{65625 \text{ kg}}{2250 \text{ cm}^2} = 29,17 \text{ kg/cm}^2 = 2,86 \text{ Mpa}$$

Kontrol Bantalan dengan deformasi geser yang tidak dikekang

$$\begin{aligned} - \quad \sigma_s &\leq 7,0 \text{ Mpa} \\ 3,40 \text{ Mpa} &\leq 7,0 \text{ Mpa} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \quad \sigma_s &\leq 1,0 \times G \times S \\ 3,42 \text{ Mpa} &\leq 4,88 \text{ Mpa} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Kontrol Bantalan dengan deformasi geser yang dikekang

$$\begin{aligned} - \quad \sigma_s &\leq 7,7 \text{ Mpa} \\ 3,40 \text{ Mpa} &\leq 7,7 \text{ Mpa} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \quad \sigma_s &\leq 1,1 \times G \times S \\ 3,40 \text{ Mpa} &\leq 5,36 \text{ Mpa} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

2. Cek Deformasi Geser

Direncanakan H elatomer = 140 mm

$$\begin{aligned}
 \varepsilon &= \frac{PDL + PDL}{A \times E} \\
 &= \frac{781,04 \text{ kN}}{225000 \text{ mm}^2 \times 0,5 \text{ kN/mm}^2} \\
 &= 0,0069
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta s &= \varepsilon \times H \\
 &= 0,0069 \times 140 \text{ mm} \\
 &= 0,97 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Total deformasi geser rencana, $\Delta s = 0,97 \text{ mm}$

Deformasi ijin, $2 \times \Delta s = 1,94 \text{ mm}$

Ketebalan total elastomer, hrt

Tebal lapisan internal = $17 \text{ mm} \times 8 \text{ (lapisan)}$
 $= 136 \text{ mm}$

Jumlah tebal cover = $4 \text{ mm} \times 2$
 $= 8 \text{ mm}$

$$\text{hrt} = 136 \text{ mm} + 8 \text{ mm} = 144 \text{ mm}$$

Kontrol Deformasi :

$$\text{hrt} \geq 2 \times \Delta s$$

$$144 \text{ mm} \geq 1,94 \text{ mm} \quad (\mathbf{OK})$$

3. Cek Rotasi

$$\Delta s \geq 0,5 \text{ G.S} \left(\frac{L}{hrt} \right)^2 \frac{\theta_{s,x}}{n} = 3,40 \text{ Mpa} \geq 1,76 \text{ Mpa}$$

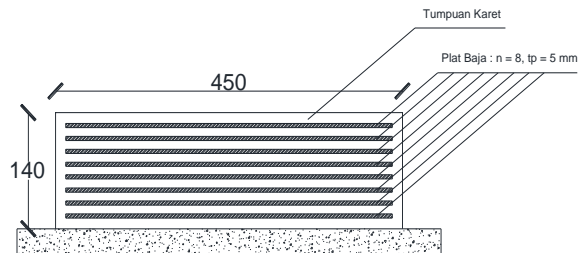
$$\Delta s \geq 0,5 \text{ G.S} \left(\frac{W}{hrt} \right)^2 \frac{\theta_{s,x}}{n} = 3,40 \text{ Mpa} \geq 1,42 \text{ Mpa}$$

4. Cek Stabilitas

$$\begin{aligned}
 - \quad H &\leq L/3 \\
 140 \text{ mm} &\leq 500 \text{ mm} / 3 = 166,67 \text{ mm} \quad (\mathbf{OK})
 \end{aligned}$$

- $H \leq W/3$
 $140 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} / 3 = 150 \text{ mm} \quad \text{(OK)}$
- $h_{\text{cover}} \leq 0,7 h_{\text{ri}}$
 $4 \text{ mm} \leq 0,7 \times 17 \text{ mm} = 11,9 \text{ mm} \quad \text{(OK)}$

5.2.11.2.3 Hasil



Gambar 5. 8 Rencana Perletakan Elastomer

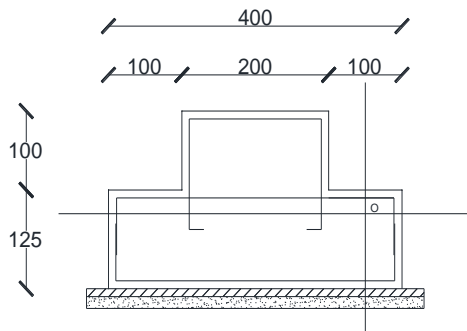
5.2.12 Perencanaan Abutment

Abutmen merupakan bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung jembatan, yang berfungsi sebagai pemikul beban yang disalurkan dari bangunan atas.

Untuk pondasi yang digunakan pada Jembatan Kereta Api ini menggunakan pondasi tiang pancang karena berdasarkan hasil dari penyelidikan tanah terdekat didapatkan nilai SPT yang tinggi ($N > 50$) pada kedalaman 13,5 – 31,5 meter, maka direncanakan kedalaman tiang pancang nantinya sedalam 12 meter karena pada kedalaman tersebut nilai daya dukung tiang sudah cukup memenuhi. Dengan dimensi yang digunakan untuk tiang pancang berdiameter 500 mm dengan tebal dinding 90 mm. Jumlah tiang pancang yang digunakan sebanyak 8 tiang pancang masing-masing pilar dengan taksiran 2 baris dan tiap berisnya berisi 4 tiang pancang dengan jarak memanjang sebesar 2500 mm dan melintang sejarak 1500 mm.

5.2.12.1 Pembebanan Pada Abutment

1. Beban Vertikal
 - Berat Sendiri Abutment



Gambar 5. 9 Desain Rencana Abutment Jembatan

Tabel 5. 4 Berat Sendiri Abutment

Segmen	PARAMETER BAGIAN				Wc (kg/m ³)	Luas A (m ²)	BERAT (kg)	Lengan terhadap sisi bawah Titik O		Momen Y	Momen X
	h (m)	b (m)	Bentuk	L (m)				Y (m)	X (m)		
1	1	2	1	6	2400	2	28800	0,8	2	23142,86	57600
2	1,25	4	1	6	2400	5	72000	0,32	2	23142,86	144000
TOTAL						7	230400			46285,71	201600

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

Letak titik berat terhadap titik O

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\text{Momen } Y}{W \text{ Total}} \\
 &= \frac{46285,71 \text{ kgm}}{100800 \text{ kg}} \\
 &= 0,46 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{\text{Momen } X}{W \text{ Total}} \\
 &= \frac{201600 \text{ kgm}}{100800 \text{ kg}} \\
 &= 2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Berat Sendiri Bangunan Atas

Data Perencanaan Bangunan Atas :

Bentang Jembatan = 30 m

Lebar Jembatan = 5 m

Jarak antar gelagar melintang, λ = 5 m

q Tipe Rel R.50 = 50,4 kg/m

Jumlah Bantalan = 50

Gelagar Memanjang = WF 350.350.10.16

Gelagar Melintang = WF 600.300.12.20

$$\begin{aligned}\text{Ikatan Angin Bawah} &= L.120.120.12 \\ \text{Ikatan Tumbuk} &= L.50.50.5\end{aligned}$$

Perhitungan Berat Sendiri :

$$\begin{aligned}\text{Rel} &= q \times \text{bentang} \times \text{jumlah rel} \\ &= 50,4 \text{ kg/m} \times 30 \text{ m} \times 2 \\ &= 3024 \text{ kg} \\ \text{Bantalan} &= L \times T \times P \times \gamma_{\text{bantalan}} \times \text{jumlah bantalan} \\ &= 0,22\text{m} \times 0,18\text{m} \times 1,8\text{m} \times 815,77\text{kg/m}^3 \times 50 \\ &= 2907,5 \text{ kg} \\ \text{Gelagar memanjang} &= \text{jumlah} \times \text{Bentang} \times q \text{ profil} \\ &= 2 \times 30 \text{ m} \times 115 \text{ kg/m} \\ &= 6900 \text{ kg} \\ \text{Gelagar Melintang} &= \text{jumlah} \times \text{bentang} \times q \text{ profil} \\ &= 7 \times 5 \text{ m} \times 151 \text{ kg/m} \\ &= 5285 \text{ kg} \\ \text{Ikatan Angin Atas} &= \text{jumlah} \times \text{panjang} \times q \text{ profil} \\ &= 10 \times 5,59 \text{ m} \times 21,59 \text{ kg/m} \\ &= 1206,881 \text{ kg} \\ \text{Ikatan Angin Bawah} &= \text{jumlah} \times \text{panjang} \times q \text{ profil} \\ &= 12 \times 7 \text{ m} \times 21,59 \text{ kg/m} \\ &= 1813,56 \text{ kg} \\ \text{Ikatan Tumbuk} &= \text{jumlah} \times \text{panjang} \times q \text{ profil} \\ &= 60 \times 1 \text{ m} \times 3,77 \text{ kg/m} \\ &= 226,2 \text{ kg} \\ \text{Batang Tepi Atas Melintang} &= \text{jumlah} \times \text{panjang} \times q \text{ profil} \\ &= 6 \times 5 \text{ m} \times 106 \text{ kg/m} \\ &= 3180 \text{ kg} \\ \text{Batang Tepi Atas Memanjang} &= \text{Sisi} \times \text{panjang} \times \text{jumlah} \times q \text{ profil} \\ &= 2 \times 5 \text{ m} \times 5 \times 106 \text{ kg/m} \\ &= 5300 \text{ kg} \\ \text{Batang Tepi Bawah} &= \text{Sisi} \times \text{panjang} \times \text{jumlah} \times q \text{ profil} \\ &= 2 \times 5 \text{ m} \times 6 \times 106 \text{ kg/m} \\ &= 6360 \text{ kg} \\ \text{Batang Diagonal} &= \text{Sisi} \times \text{jumlah} \times \text{panjang} \times q \text{ profil} \\ &= 2 \times 12 \times 5,59 \text{ m} \times 84,5 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$= 11336,52 \text{ kg}$$

Sambungan dan Plat = 2376,98 kg

Jadi, total bangunan atas = 49916,54 kg

- **Beban Hidup**

Beban hidup = beban merata x bentang jembatan

$$= 8750 \text{ kg/m} \times 30 \text{ m}$$

$$= 262500 \text{ kg}$$

2. Beban Horizontal

- **Beban Angin**
Beban transversal di perletakan akibat angin
- $$Hw1 + Hw2 = 7425 \text{ kg} + 12600 \text{ kg}$$
- $$= 20025 \text{ kg}$$

Lengan terhadap pondasi

$$\frac{1}{2} \times \text{tinggi rangka} + h \text{ abutment} = \frac{1}{2} \times 5 \text{ m} + 2,25 \text{ m}$$

$$= 4,8 \text{ m}$$

Momen pada pondasi akibat angin

$$20025 \text{ kg} \times 4,8 \text{ m} = 95118,75 \text{ kgm}$$

- **Beban Rem**
Beban longitudinal di perletakan akibat rem
- $$25 \% \times W \text{ lok} = 25\% \times 84000 \text{ kg} = 21000 \text{ kg}$$

Lengan terhadap pondasi

$$h \text{ abutment} = 2,25 \text{ m}$$

Momen pada pondasi akibat rem

$$21000 \text{ kg} \times 2,25 \text{ m} = 47250 \text{ kgm}$$

- **Beban Gempa**

Analisis gempa berdasarkan **RSNI GEMPA JEMBATAN-2013**, beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respon elastik (Csm) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respon (R).

Penentuan kelas situs tanah

$$\bar{N} = \frac{\sum t_i}{\sum t_i/n}$$

Dimana data diatas didapat dari data tanah dengan menggunakan SPT, maka diperoleh :

$$\bar{N} = \frac{31,5 \text{ m}}{0,67 \text{ m}} = 47,33$$

Dengan nilai $\bar{N} = 47,33$ maka dari Gambar 5.9 diperoleh kelas situs tanah sedang.

Tabel 5. 5 Kelas Situs

Kelas Situs	\bar{V}_z (m/s)	\bar{N}	\bar{S}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_z \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_z \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_z \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_z \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_z < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa			
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan > 3 m) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7.5$ m dengan $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m		

Sumber : RSNI Gempa Jembatan-2013

Penentuan faktor amplikasi periode pendek

Untuk menentukan faktor amplikasi periode pendek didapatkan dari **Peta Zona Gempa Indonesia 2010**, sesuai daerah lokasi jembatan.

Didapat nilai PGA sebesar 0,23 , sehingga untuk menentukan F_{PGA}/F_a dan S_s dapat melihat tabel dengan kelas situs Tanah Sedang.

Tabel 5. 6 Faktor Amplifikasi Untuk Periode 0 Detik dan 02 Detik (F_{PGA}/F_a)

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA = 0,2$ $S_s = 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_s = 0,75$	$PGA = 0,4$ $S_s = 1,0$	$PGA > 0,5$ $S_s \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Sumber : RSNI Gempa Jembatan-2013

Maka didapat nilai F_{PGA} sebesar 1,4 dan nilai S_s dengan syarat = 0,5 maka diambil nilai S_s sebesar 0,5.

Penentuan faktor amplikasi untuk periode 1 detik (F_v)

Nilai F_v didapat dari tabel dengan menentukan S_1 (parameter respon spektral percepatan gempa untuk periode 1 detik), dengan melihat **Peta Zona Gempa Indonesia 2010** didapat nilai S_1 sebesar 0,18 sesuai lokasi jembatan.

Tabel 5. 7 Tabel Nilai Faktor Amplifikasi Untuk Periode 1 Detik (F_y)

Kelas situs	$S_I \leq 0.1$	$S_I = 0.2$	$S_I = 0.3$	$S_I = 0.4$	$S_I \geq 0.5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Sumber : RSNi Gempa Jembatan-2013

Sehingga F_v didapat dari tabel = 2

Respon spektrum rencana

Dengan didapatkan nilai dari PGA, SS, dan S_1 serta nilai faktor amplifikasi F_{PGA} , F_a , dan F_v . Maka dapat dihitung :

$$\begin{aligned} A_s &= F_{PGA} \times PGA \\ &= 1,4 \times 0,23 \\ &= 0,322 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{DS} &= F_a \times S_s \\ &= 1,4 \times 0,5 \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= F_v \times S_1 \\ &= 2 \times 0,18 \\ &= 0,36 \end{aligned}$$

Dari data diatas dapat digunakan untuk menghitung Periode (T)

$$T = 0,2 \text{ (periode pendek)}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,36}{0,7} = 0,51$$

$$T_0 = 0,2 T_s$$

$$= 0,2 \times 0,51 = 0,103$$

Sehingga didapat,

$$T_s > T > T_0$$

$$0,51 > 0,2 > 0,103$$

Maka berdasarkan **RSNI GEMPA JEMBATAN-2013 Pasal 5.4.2**, memenuhi syarat kedua sehingga nilai C_{SM} sama dengan nilai S_{DS} .

Koefisien respons gempa elastik.

$$C_{SM} = S_{DS}$$

$$= 0,7$$

Perhitungan Beban Gempa

Rumus untuk perhitungan beban gempa, berdasarkan **RSNI GEMPA JEMBATAN-2013 Pasal 5.1** :

$$E_Q = \frac{C_{SM}}{R} \times W_T$$

dimana, W_T adalah berat total struktur yang terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai.

Beban gempa struktur bangunan atas

Tabel 5. 8 Faktor Modifikasi Respons (R) Untuk Hubungan Antar Elemen Struktur

Hubungan elemen struktur	Semua kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1,0

Sumber : RSNI Gempa Jembatan-2013

R didapat dari Gambar 5.10, sesuai ketentuan, maka didapat R sebesar 0,8 sehingga dapat dihitung :

$$W_T = 49916,54 \text{ kg}$$

$$E_{Q1} = \frac{0,7}{0,8} \times 49916,54 \text{ kg} = 43676,98 \text{ kg}$$

Beban gempa struktur bangunan bawah

Tabel 5. 9 Faktor Modifikasi Respons (R) Untuk Bangunan Bawah

Bangunan bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang miring	1,5	1,5	2,0
Kolom tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit			
Tiang vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang miring	1,5	2,0	3,0
Kolom majemuk	1,5	3,5	5,0

Sumber : RSNI Gempa Jembatan-2013

R didapat dari Gambar 5.11, sesuai ketentuan, maka didapat R sebesar 1,5 sehingga dapat dihitung :

$$W_T = 100800 \text{ kg}$$

$$E_{Q2} = \frac{0,7}{1,5} \times 100800 \text{ kg} = 47040 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Total } E_Q &= E_{Q1} + E_{Q2} \\ &= 43676,98 \text{ kg} + 47040 \text{ kg} \\ &= 90716,98 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sehingga T_{EQ} sebesar 90716,98 kg

Tabel 5. 10 Momen Akibat Gempa

NO	JENIS BEBAN	BEBAN (kg)	LENGAN		Mx (kgm)	My (kgm)
			X (m)	Y (m)		
1	TEQ	90716,976	0,42	2,50	41655,75	181433,95
Total		90716,976			41655,75	181433,95

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

- Beban Akibat Tekanan Tanah
 Berat volume tanah timbunan, $W_s = 1,654 \text{ t/m}^3$
 Sudut gesek tanah timbunan, $\phi = 36,5^\circ$
 Tinggi tanah timbunan, $H = 2,25 \text{ m}$
 Panjang, $L = 6 \text{ m}$
 Urugan diatas abutment $= 0,6 \text{ m}$

$$\begin{aligned} 0,6 \times W_s &= 0,6 \text{ m} \times 1,654 \text{ t/m}^3 \\ &= 0,992 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Koefisien tanah aktif saat gempa (K_{aE})

$$K_{aE} = \frac{\cos^2 (\phi' - \theta - \bar{\beta})}{\cos^2 \theta \cos \bar{\beta} \cos (\delta' + \theta + \bar{\beta}) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta' + \phi') \sin(\phi' - \alpha - \bar{\beta})}{\cos(\delta' + \theta + \bar{\beta}) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2}$$

Dimana :

Sudut geser dalam, $\phi' = 36,5^\circ$

Sudut kemiringan thd. Vertikal, $\theta = 0^\circ$

Sudut kemiringan tanah timbunan, $\alpha = 0^\circ$

Sudut geser antara tanah dengan dinding, $\delta' = 0^\circ$

k_h = koefisien percepatan horizontal gempa

$$= C \times I$$

$$= 0,15 \times 1,2$$

$$= 0,18$$

k_v = koefisien percepatan vertikal gempa

$$= 2/3 k_h$$

$$= 0,12$$

$$\begin{aligned} \bar{\beta} &= \tan^{-1} \left(\frac{k_h}{1 - k_v} \right) \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{0,18}{1 - 0,12} \right) \\ &= 0,00357 \end{aligned}$$

Maka nilai koefisien tanah aktif saat gempa (K_aE)

$$K_aE = \frac{\cos^2(\phi' - \theta - \bar{\beta})}{\cos^2 \theta \cos \bar{\beta} \cos(\delta' + \theta + \bar{\beta}) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta' + \phi') \sin(\phi' - \alpha - \bar{\beta})}{\cos(\delta' + \theta + \bar{\beta}) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2}$$

$$= 0,254$$

Tabel 5. 11 Beban Akibat Tekanan Tanah

Tekanan Tanah	K_aE	q	Ws	H	L	Nilai	Lengan	Momen
		t/m2	t/m3	m	m	ton	m	tm
Ea1	0,254	0,992	1,654	2,25	6	3,4	1,125	3,83
Ea2	0,254	0,992	1,654	2,25	6	13,4	0,75	10,05
Total						29,87		13,88

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

5.2.12.2 Kombinasi Pembebanan

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Beban Tegangan Kerja Abutment

NO	Aksi/beban	Kode	Vertikal	Horizontal		Momen	
			Vz(kg)	Hx(kg)	Hy(kg)	Mx(kgm)	My (kgm)
	Aksi Tetap						
1	Berat sendiri	MS	150716,54				
2	Tekanan Tanah	TA		16801,54		13877,7	
	Beban Lalu-lintas						
3	Beban lajur "D"	TD	262500				
4	Gaya rem TB	TB		21000		47250	
	Aksi Lingkungan						
5	Beban angin EW	EW			20025		95118,75
6	Beban gempa EQ	EQ		90716,98	90716,98	41655,75	181433,95
Ttotal			413216,54	128518,51	110741,98	102783,46	276552,70

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

Kombinasi 1 (MS + TA + TD)

Tabel 5. 13 Kombinasi 1 Beban Tegangan Kerja Abutment

NO	Aksi/beban	Kode	Vertikal	Horizontal		Momen	
			Vz(kg)	Hx(kg)	Hy(kg)	Mx(kgm)	My (kgm)
	Aksi Tetap						
1	Berat sendiri	MS	150716,54				
2	Tekanan Tanah	TA		16801,54		13877,7	
	Beban Lalu-lintas						
3	Beban lajur "D"	TD	262500				
4	Gaya rem TB	TB					
	Aksi Lingkungan						
5	Beban angin EW	EW					
6	Beban gempa EQ	EQ					
Ttotal			413216,54	16801,54		13877,7	

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

Kombinasi 2 (MS + TA + TD + TB)

Tabel 5. 14 Kombinasi 2 Beban Tegangan Kerja Abutment

NO	Aksi/beban	Kode	Vertikal	Horizontal		Momen	
			Vz(kg)	Hx(kg)	Hy(kg)	Mx(kgm)	My (kgm)
	Aksi Tetap						
1	Berat sendiri	MS	150716,54				
2	Tekanan Tanah	TA		16801,54		13877,7	
	Beban Lalu-lintas						
3	Beban lajur "D"	TD	262500				
4	Gaya rem TB	TB		21000		47250	
	Aksi Lingkungan						
5	Beban angin EW	EW					
6	Beban gempa EQ	EQ					
Ttotal			413216,54	37801,54		61127,7	

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

Kombinasi 3 (MS + TA + TD + TB + EW)

Tabel 5. 15 Kombinasi 3 Beban Tegangan Kerja Abutment

NO	Aksi/beban	Kode	Vertikal	Horizontal		Momen	
			Vz(kg)	Hx(kg)	Hy(kg)	Mx(kgm)	My (kgm)
	Aksi Tetap						
1	Berat sendiri	MS	150716,54				
2	Tekanan Tanah	TA		16801,54		13877,7	
	Beban Lalu-lintas						
3	Beban lajur "D"	TD	262500				
4	Gaya rem TB	TB		21000		47250	
	Aksi Lingkungan						
5	Beban angin EW	EW			20025		95118,75
6	Beban gempa EQ	EQ					
Ttotal			413216,54	37801,54	20025	61127,7	95118,75

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

Kombinasi 4 (MS + TA + TD + TB + EW)

Tabel 5. 16 Kombinasi 4 Beban Tegangan Kerja Abutment

NO	Aksi/beban	Kode	Vertikal	Horizontal		Momen	
			Vz(kg)	Hx(kg)	Hy(kg)	Mx(kgm)	My (kgm)
	Aksi Tetap						
1	Berat sendiri	MS	150716,54				
2	Tekanan Tanah	TA		16801,54		13877,7	
	Beban Lalu-lintas						
3	Beban lajur "D"	TD					
4	Gaya rem TB	TB					
	Aksi Lingkungan						
5	Beban angin EW	EW					
6	Beban gempa EQ	EQ		90716,98	90716,98	41655,75	181433,95
Ttotal			150716,54	107518,51	90716,98	55533,46	181433,95

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

Tabel 5. 17 Rekapitulasi Kombinasi Pembebanan Tegangan Kerja Abutment

NO	Kombinasi beban	Tegangan berlebihan	P (kg)	Hx (kgm)	Hy (kgm)	Mx (kgm)	My (kgm)
1	KOMBINASI 1 (MS + TA + TD)	0%	413216,54	16801,54	0,00	13877,7	0,00
2	KOMBINASI 2 (MS + TA + TD + TB)	25%	413216,54	37801,54	0,00	61127,7	0,00
3	KOMBINASI 3 (MS + TA + TD + TB + EW)	40%	413216,54	37801,54	20025,00	61127,7	95118,75
4	KOMBINASI 4 (MS + TA + EQ)	50%	150716,54	107518,51	90716,98	55533,46	181433,95

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

5.2.12.3 Kontrol Stabilitas Guling

1. Arah X

Stabilitas guling arah memanjang jembatan (arah X)

Letak titik guling berada pada ujung pondasi terhadap pusat pondasi.

$$\frac{B_x}{2} = \frac{4 \text{ m}}{2} = 2 \text{ m}$$

Momen penahan guling :

Abutment dapat menahan guling jika memenuhi syarat

$$SF > 1,5$$

$$SF = \frac{M_p}{M_x}$$

$$M_p = P \times \frac{B_x}{2} \times (1 + k)$$

Tabel 5. 18 Kontrol Stabilitas Guling Arah X

NO	Kombinasi beban	k	P	Mx	Mp	SF	Keterangan
1	Kombinasi 1	0%	413216,54	13877,70	413216,54	29	OK
2	Kombinasi 2	25%	413216,54	61127,70	516520,68	8,45	OK
3	Kombinasi 3	40%	413216,54	61127,70	578503,16	9,46	OK
4	Kombinasi 4	50%	150716,54	55533,46	226074,82	4,07	OK

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

2. Arah Y

Stabilitas guling arah melintang jembatan (arah X)

Letak titik guling berada pada ujung pondasi terhadap pusat pondasi.

$$\frac{B_y}{2} = \frac{8 \text{ m}}{2} = 4 \text{ m}$$

Momen penahan guling :

Abutment dapat menahan guling jika memenuhi syarat

$$SF > 1,5$$

$$SF = \frac{M_p}{M_y}$$

$$M_p = P \times \frac{B_y}{2} \times (1 + k)$$

Tabel 5. 19 Kontrol Stabilitas Guling Arah Y

NO	Kombinasi beban	k	P	My	Mp	SF	Keterangan
1	Kombinasi 1	0%	413216,54	0,00	1239649,63	#DIV/0!	#DIV/0!
2	Kombinasi 2	25%	413216,54	0,00	1549562,04	#DIV/0!	#DIV/0!
3	Kombinasi 3	40%	413216,54	95118,75	1735509,48	18,25	OK
4	Kombinasi 4	50%	150716,54	181433,95	678224,45	3,74	OK

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

5.2.12.4 Kontrol Stabilitas Geser

1. Arah X

Parameter tanah dasar pilecap :

$$\text{Sudut gesek, } \phi = 28^\circ$$

$$\text{Kohesi, } C = 1,45 \text{ t/m}^2$$

Ukuran dasar pilecap:

$$B_x = 4 \text{ m}$$

$$B_y = 6 \text{ m}$$

Gaya penahan geser :

$$H = (C \times B_x \times B_y + (P \times (\tan \phi))) \times (1 + k)$$

Abutment dapat menahan geser jika memenuhi syarat

$$SF > 1,5$$

$$SF = \frac{H}{H_x}$$

Tabel 5. 20 Kontrol Stabilitas Geser Arah X

NO	Kombinasi Beban	k	H _x (kg)	P (kg)	H (kg)	SF	Keterangan
1	Kombinasi 1	0%	16801,54	413216,54	254511,13	15,15	OK
2	Kombinasi 2	25%	37801,54	413216,54	318138,92	8,42	OK
3	Kombinasi 3	40%	37801,54	413216,54	356315,59	9,43	OK
4	Kombinasi 4	50%	107518,51	150716,54	172406,11	1,6	OK

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

2. Arah Y

Parameter tanah dasar pilecap :

$$\text{Sudut gesek, } \phi = 28^\circ$$

$$\text{Kohesi, } C = 1,45 \text{ t/m}^2$$

Ukuran dasar pilecap:

$$B_x = 4 \text{ m}$$

$$B_y = 6 \text{ m}$$

Gaya penahan geser :

$$H = (C \times B_x \times B_y + (P \times (\tan \phi))) \times (1 + k)$$

Abutment dapat menahan geser jika memenuhi syarat

$$SF > 1,5$$

$$SF = \frac{H}{H_y}$$

Tabel 5. 21 Kontrol Stabilitas Geser Arah Y

NO	Kombinasi Beban	k	Hy (kg)	P (kg)	H (kg)	SF	Keterangan
1	Kombinasi 1	0%	0,00	413216,54	254511,13	#DIV/0!	#DIV/0!
2	Kombinasi 2	25%	0,00	413216,54	318138,92	#DIV/0!	#DIV/0!
3	Kombinasi 3	40%	20025	413216,54	356315,59	17,79	OK
4	Kombinasi 4	50%	90716,98	150716,54	172406,11	1,9	OK

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

5.2.12.5 Pancang Abutment

Perhitungan tiang pancang berdasarkan **Mekanika Tanah & Teknik Pondasi – 1980**, Judul asli *Soil Mechanics And Foundation Engineering*.

1. Data Tiang Pancang :

Diameter tiang pancang, Dp	= 0,5 mm
Tebal dinding tiang pancang	= 0,09 mm
Keliling tiang, Up = $\pi \times Dp$	= 1,57 m
Luas total tiang, A = $\frac{1}{4} \times \pi \times Dp^2$	= 0,196 m ²
Berat jenis beton	= 2400 kg/m ³
Berat tiang, A x berat jenis beton	= 278,22 kg/m
Momen inersia	= 255324,3 cm ⁴
Modulus elastisitas	= 123840
Kuat tekan beton, fc'	= 600 kg/cm ²
Allowable axial	= 185,3 ton
Bending momen crack	= 10,5 TM
Kelas	= A1

Untuk menghitung kekuatan tiang pancang dibutuhkan data tanah dengan menggunakan SPT. Dari data SPT yang didapat maka dapat ditentukan kedalaman untuk tiang pancang. Data yang digunakan dari tabel SPT yang sudah diolah diambil data dengan kedalaman yang ditentukan (N>50) maka diambil data pada kedalaman 12 meter dengan pengambilan data setiap 1,5 meter, diperoleh data sebagai berikut :

Data kedalaman 12 meter :

Jenis Tanah	=	Sand
N rata ²	=	50
fi	=	10 t/m ²
fi x li	=	15 t/m
S(fi x li)	=	74,7 t/m
P. friction, Rf	=	117,34 ton
P. bearing, Rt	=	137,44 ton
P. Total, Ru	=	254,78 ton
Pall Comp		
SF = 2	=	127,39 ton
SF = 3	=	84,92 ton
SF = 5	=	50,96 ton

2. Daya dukung aksial pondasi tiang

a. Gaya geser maksimum dinding tiang, Rf

$$\begin{aligned}
 S(fi \times li) &= 74,7 \text{ t/m} \\
 Rf &= U_p \times S(fi \times li) \\
 &= 1,57 \text{ m} \times 74,7 \text{ t/m} \\
 &= 117,34 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

b. Daya dukung pada ujung tiang pancang

$$\begin{aligned}
 D &= 0,5 \text{ m (diameter ujung tiang)} \\
 I &= 1,0 \text{ m (panjang penetrasi tiang sampai ke lapisan pendukung)} \\
 I/D &= 2 \\
 N1 &= \text{Nilai N-SPT ujung tiang} \\
 N2 &= \text{Nilai N-SPT rata-rata 4D dari ujung tiang} \\
 N &= \frac{N1 + N2}{2} \\
 &= \frac{50 + 41}{2} \\
 &= 45,625 \\
 qd / N &= 14 \\
 qd &= \frac{qd}{N} \times N \\
 &= 14 \times 45,625
 \end{aligned}$$

$$= 638,75 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} R_t &= qd \times A \\ &= 638,75 \times 0,196 \\ &= 125,42 \text{ ton} \end{aligned}$$

c. Daya dukung ultimit tiang (R_u)

$$\begin{aligned} R_u &= R_f + R_t \\ &= 117,34 + 125,42 \\ &= 242,76 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kontrol,

$$\begin{aligned} R_u &< 2 \times \text{Allowable axial} \\ 242,76 \text{ ton} &< 370,6 \text{ ton} \quad \textbf{(OK)} \end{aligned}$$

d. Daya dukung ijin tiang (R_a)

$$\begin{aligned} R_a &= \frac{R_u}{SF} - W_p \\ &= \frac{242,76}{3} - 3,34 \\ &= 78 \text{ ton/tiang} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$SF = 3$$

$$L \text{ (netto)} = 12 \text{ m} \quad \text{(panjang total tiang)}$$

$$W_t = 0,278 \text{ ton/m} \quad \text{(berat tiang/m)}$$

$$W_p, W_t \times L = 3,34 \text{ ton/tiang} \quad \text{(berat per titik tiang)}$$

Daya dukung tiang beban sementara $R_{a(s)}$

$$\begin{aligned} R_{a(s)} &= R_a \times 150\% \\ &= 78 \text{ ton} \times 150\% \\ &= 117 \text{ ton/tiang} \end{aligned}$$

3. Kapasitas daya dukung horizontal pondasi tiang pancang

a. Ketentuan

$$\text{Tiang menonjong diatas tanah dasar (h)} = 9 \text{ m}$$

Nilai N-SPT -1,5 m dibawah muka tanah dasar diambil	
nilai N-SPT minimal	= 21
Diameter tiang, diperhitungkan	= 50 cm
Mutu baja, f_y	= 370 Mpa
Modulus elastisitas beton	= 2100000
kg/cm ²	
Momen inersia tiang	= 255324 cm ⁴

- b. Koefisien reaksi tanah dasar (k)

$$k = 0,2 \times E_o \times D^{-0,75} \times y^{-0,5}$$
- c. Modulus elastisitas tanah

$$N = 21$$

$$E_o = 28 \times N = 588$$
- d. Deformasi tiang di dasar pilecap

$$y = 1 \text{ cm}$$

$$k = 6,25 \text{ kg/cm}^3$$

$$b = (kD/(4EI))^{0,25} = 0,0034$$
- e. Virtual fixity point

$$L_m = 1/b \tan^{-1} 1/b.h = 452,04 \text{ cm} = 4,5204 \text{ m}$$
- f. Daya dukung gaya horizontal tiang tegak (H_a)

$$H_a = (k.D.y)/b = 89,99 \text{ ton/tiang}$$

$$SF = 3$$

Jadi, gaya horizontal ijin tiang (H_a) = 30 ton/tiang
- g. Daya dukung momen lentur pada kepala tiang (M_a)

$$M_a = H_a/2b = 43,17 \text{ ton-m/tiang}$$

4. Kapasitas cabut tiang pancang kelompok

$$R_f = U_p \times S(f_i \times l_i) = 117,34 \text{ ton}$$

$$S(f_i \times l_i) = 74,7 \text{ t/m}$$

$$\begin{aligned}
 U_p &= 1,57 \text{ m (keliling tiang)} \\
 SF &= 3 \\
 W_p &= 3,339 \text{ ton/tiang} \\
 R_c &= R_f/SF + W_p = 43 \text{ ton/tiang} \\
 \text{Jadi, kapasitas cabut ijin tiang (Rc)} &= 43 \text{ ton/tiang}
 \end{aligned}$$

Kapasitas cabut tiang untuk beban sementara $R_{c(s)}$:

$$\begin{aligned}
 R_{c(s)} &= R_c \times 150\% \\
 &= 64,5 \text{ ton ton/tiang}
 \end{aligned}$$

5. Daya dukung tiang pancang kelompok
 Pondasi tiang pancang direncanakan, $D = 50 \text{ cm}$
 Jarak dari as ke as antar tiang pancang direncanakan seperti perhitungan dibawah ini :

Untuk jarak antar tiang pancang :

$$3 D \leq S \leq 8 D$$

Dimana,

S = jarak antar tiang pancang

$S1$ = jarak tiang pancang ke tepi

Sehingga didapat,

$$3 (50 \text{ cm}) \leq S \leq 8 (50 \text{ cm})$$

$$150 \text{ cm} \leq S \leq 400 \text{ cm}$$

Untuk jarak pancang ke tepi

$$1 D \leq S1 \leq 1,5 D$$

$$1 (50 \text{ cm}) \leq S1 \leq 1,5 (50 \text{ cm})$$

$$50 \text{ cm} \leq S1 \leq 75 \text{ cm}$$

Maka, dipakai $S = 150 \text{ cm}$ arah Y dan 250 cm arah X
 $S1 = 75 \text{ cm}$

6. Efisiensi tiang pancang

$$\eta = 1 - \left(\frac{\arctan\left(\frac{D}{S}\right)}{90^\circ} \right) \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

Dimana,

S = jarak tiang pancang

D = diameter tiang pancang

m = jumlah tiang pancang dalam 1 baris = 4

n = jumlah baris tiang pancang = 2

Maka,

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \left(\frac{\arctan\left(\frac{50 \text{ cm}}{150 \text{ cm}}\right)}{90^\circ} \right) \left(2 - \frac{1}{4} - \frac{1}{2} \right) \\ &= 0,996 \end{aligned}$$

Jadi untuk daya dukung tiang pancang kelompok adalah :

$$\begin{aligned} Q_{L(\text{group})} &= Q_{L(1 \text{ Tiang})} \times n \times \eta \\ &= 78 \times 8 \times 0,996 \\ &= 621,12 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan beban aksial maksimum pada pondasi kelompok

Reaksi kombinasi (P) = 413216,5 kg = 413,2165 ton

Kontrol,

$$\begin{array}{rcl} Q_{L(\text{group})} & > & P \\ 621,12 \text{ ton} & > & 413,2165 \text{ ton} \quad \textbf{(OK)} \end{array}$$

Tabel 5. 22 Rekapitulasi Kombinasi Pembebanan Tegangan Kerja

NO	Kombinasi beban	P	Hx	Hy	Mx	My
1	KOMBINASI 1 (MS + TA + TD)	413216,54	16801,54	0,00	13877,70	0,00
2	KOMBINASI 2 (MS + TA + TD + TB)	413216,54	37801,54	0,00	61127,70	0,00
3	KOMBINASI 3 (MS + TA + TD + TB + EW)	413216,54	37801,54	20025	61127,70	95118,75
4	KOMBINASI 4 (MS + TA + EQ)	150716,54	107518,51	90716,98	55533,46	181433,95

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

7. Repetisi beban-beban diatas tiang kelompok

Bila diatas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (poer) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertikal ekivalen (Pv) yang bekerja pada sebuah tiang adalah:

$$P_{max} = \frac{V}{n} + \frac{M_y \cdot X_{max}}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\Sigma Y^2}$$

Dimana,

V = beban vertikal dari kolom

n = banyak tiang dalam 1 group

Mx = Momen terhadap sumbu X

My = Momen terhadap sumbu Y

Xmax = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

Ymax = koordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

ΣX = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group

ΣY = jumlah dari kuadrat koordinat tiap tiang terhadap garis netral group

n = 15 (jumlah tiang pancang yang dipakai)

Tabel 5. 23 Repetisi Beban Diatas Tiang Pancang Kelompok Aabutment

Titik	x	y	x ²	y ²	KOMBINASI 1	KOMBINASI 2	KOMBINASI 3	KOMBINASI 4
					$V/n+Mx.y/\Sigma y^2$	$V/n+Mx.y/\Sigma y^2$	$V/n+Mx.y/\Sigma y^2$	$V/n+Mx.y/\Sigma y^2$
					$+ My.x/\Sigma x^2$	$+ My.x/\Sigma x^2$	$+ My.x/\Sigma x^2$	$+ My.x/\Sigma x^2$
1	-1,25	2,25	1,5625	5,0625	53039,84	57764,84	48252,96	6249,52
2	1,25	2,25	1,5625	5,0625	53039,84	57764,84	67276,71	42536,31
3	-1,25	0,75	1,5625	0,5625	52114,66	53689,66	44177,78	2547,29
4	1,25	0,75	1,5625	0,5625	52114,66	53689,66	63201,53	38834,08
5	-1,25	-0,75	1,5625	0,5625	51189,48	49614,48	40102,60	-1154,94
6	1,25	-0,75	1,5625	0,5625	51189,48	49614,48	59126,35	35131,85
7	-1,25	-2,25	1,5625	5,0625	50264,30	45539,30	36027,42	-4857,17
8	1,25	-2,25	1,5625	5,0625	50264,30	45539,30	55051,17	31429,62
ΣTOTAL			12,5	22,5				
Pmax	67,28	Ton						
Pmin	-5,50	Ton						

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

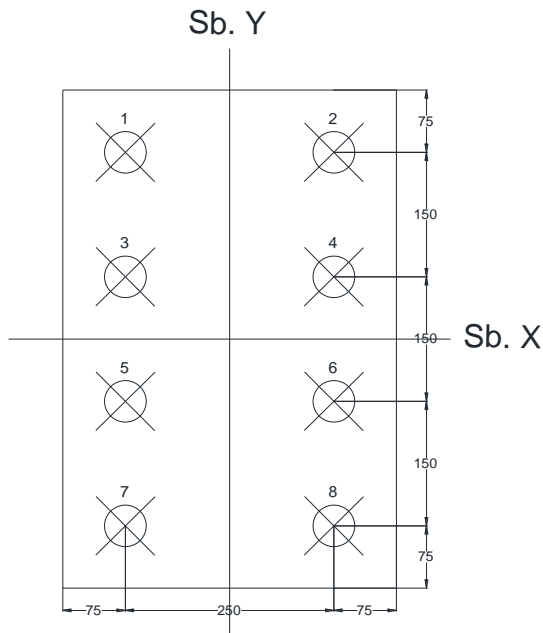
Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang (Pmax)

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang.

Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan:

$$P_{\max} < Q_{\text{ijin 1 tiang}}$$

$$67,28 \text{ ton} < 78 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$



Gambar 5. 10 Denah Rencana Konfigurasi Tiang Pancang Abutment

5.2.12.6 Penulangan Abutment

1. Perhitungan beban ultimit untuk penulangan abutment

Tabel 5. 24 Beban Layan Pilecap Abutment

NO	Aksi/beban	Kode	Vertikal	Horizontal		Momen	
			Vz(kg)	Hx(kg)	Hy(kg)	Mx(kgm)	My (kgm)
	Aksi Tetap						
1	Berat sendiri	MS	150716,54				
2	Tekanan Tanah	TA		16801,54		13877,70	
	Beban Lalu-lintas						
3	Beban lajur "D"	TD	262500				
4	Gaya rem TB	TB		21000		47250	
	Aksi Lingkungan						
5	Beban angin EW	EW			20025		95118,75
6	Beban gempa EQ	EQ		90716,98	90716,98	41655,75	181433,95
Ttotal			413216,54	128518,5	1170742	102783,5	276552,70

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

Tabel 5. 25 Beban Ultimate Pilecap Abutment

NO	Aksi/beban	Kode	Faktor Beban	Vertikal	Horizontal		Momen	
				Vz(kg)	Hx(kg)	Hy(kg)	Mx(kgm)	My (kgm)
	Aksi Tetap							
1	Berat sendiri	MS	1,3	195931,5				
2	Tekanan Tanah	TA	1		16801,54		13877,70	
	Beban Lalu-lintas							
3	Beban lajur "D"	TD	1,8	472500				
4	Gaya rem TB	TB	1,8		37800		85050	
	Aksi Lingkungan							
5	Beban angin EW	EW	1,2			24030		114142,5
6	Beban gempa EQ	EQ	1		90716,98	90716,98	41655,75	181433,95
Ttotal				668431,5	145318,5	114747	140583,46	295576,5

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

Tabel 5. 26 Rekapitulasi Kombinasi Beban Ultimate Pilecap

NO	Kombinasi beban	P	Hx	Hy	Mx	My
1	KOMBINASI 1 (MS + TA + TD)	668431,5	16801,54	0	13877,70	0
2	KOMBINASI 2 (MS + TA + TD + TB)	668431,5	54601,54	0	98927,70	0
3	KOMBINASI 3 (MS + TA + TD + TB + EW)	668431,5	54601,54	24030	98927,70	114142,5
4	KOMBINASI 4 (MS + TA + EQ)	195931,5	107518,5	90716,98	55533,46	181434

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

Tabel 5. 27 Repetisi Beban Ultimate Diatas Ttiang Pancang Kelompok Abutment

					KOMBINASI 1	KOMBINASI 2	KOMBINASI 3	KOMBINASI 4
Titik	x	y	x2	y2	$V/n+Mx.y/\Sigma y^2$	$V/n+Mx.y/\Sigma y^2$	$V/n+Mx.y/\Sigma y^2$	$V/n+Mx.y/\Sigma y^2$
					$+ My.x/\Sigma x^2$	$+ My.x/\Sigma x^2$	$+ My.x/\Sigma x^2$	$+ My.x/\Sigma x^2$
1	-1,25	2,25	1,5625	5,0625	84941,71	93446,71	82032,46	11901,39
2	1,25	2,25	1,5625	5,0625	84941,71	93446,71	104860,96	48188,18
3	-1,25	0,75	1,5625	0,5625	84016,53	86851,53	75437,28	8199,16
4	1,25	0,75	1,5625	0,5625	84016,53	86851,53	98265,78	44485,95
5	-1,25	-0,75	1,5625	0,5625	83091,35	80256,35	68842,10	4496,93
6	1,25	-0,75	1,5625	0,5625	83091,35	80256,35	91670,60	40783,72
7	-1,25	-2,25	1,5625	5,0625	82166,17	73661,17	62246,92	794,70
8	1,25	-2,25	1,5625	5,0625	82166,17	73661,17	85075,42	37081,49
ΣTOTAL			12,5	22,5				
Pmax	104,86	Ton						
Pmin	82,17	Ton						

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

2. Perhitungan penulangan pilecap abutment

Data perencanaan :

Diameter tulangan, dt

= 16 mm

Lebar yang ditinjau arah X, b

= 2500 mm

Lebar yang ditinjau arah Y, b

= 1500 mm

Tinggi pilecap, h

= 1250 mm

Decking, d'

= 100 mm

Tebat efektif arah X, dx	= 1142 mm
Tebat efektif arah Y, dy	= 1126 mm
Kuat tekan beton, f_c'	= 30 Mpa
Mutu baja $D > 12\text{mm}$, f_y	= 390 Mpa
Mutu baja $D < 12\text{mm}$, f_y	= 240 Mpa
Berat volume beton bertulang, W_c	= 2500 Kg/cm ³
Faktor beban ultimate berat sendiri, K_uMS	= 1,3
Faktor reduksi kekuatan lentur	= 0,8
Faktor reduksi kekuatan geser dan torsi	= 0,7

- Tulangan Lentur Arah X

$$\begin{aligned}
 q_u &= p \times l \times h \times W_c \times K_uMS \\
 &= 2,5 \times 1,5 \times 1,25 \times 2500 \times 1,3 \\
 &= 15234,38 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Reaksi ultimate tiang} \\
 P_u \text{ tiang} &= 104861 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned}
 M_u &= M_p - M_q \\
 &= P_u \text{ tiang} \times L - q_u \times \frac{1}{2} \times b l \\
 &= 104861 \times 0,75 - 15234,38 \times \frac{1}{2} \times 2,5 \\
 &= 59602,75 \text{ kgm/2,5 m} \\
 &= 23841,1 \text{ kgm/m}
 \end{aligned}$$

Tulangan Lentur

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,294
 \end{aligned}$$

$$M_u = 23841,1 \text{ kgm} = 233801323,9 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{Mu}{0,8} \\
 &= \frac{233801323,9}{0,8} \\
 &= 292251654,9 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{292251654,9}{1000 \times 1142^2} \\
 &= 0,2241 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'} }{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\
 &= 0,03368
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,03368 \\
 &= 0,0253
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,294} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,294 \times 0,2241}{390}} \right) \\
 &= 0,00058
 \end{aligned}$$

Untuk ρ min digunakan 2 rumus :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,00359
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= 1,333 \times \rho_{\text{perlu}} \\
 &= 1,333 \times 0,00058
 \end{aligned}$$

$$= 0,000769$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00058 < \rho_{\text{min}} = 0,00359$$

$$\text{Jadi dipakai } \rho_{\text{pakai}} = 0,000769$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,000769 \times 1000 \times 1142 \\ &= 878,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat spasi antar tulangan} \gg \gg s_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$\begin{aligned} s_{\text{maks}} &= 2h \\ &= 2 \times 1250 \\ &= 2500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= \frac{\frac{1}{4} \pi \times d^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{878,57 \text{ mm}^2} \\ &= 228,735 \text{ mm} < 2500 \text{ mm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Maka direncanakan menggunakan tulangan $s = 225 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \pi \times d^2 \times b}{s \text{ pakai}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{225 \text{ mm}} = 893,16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &> A_s \text{ perlu} \\ 893,16 \text{ mm}^2 &> 878,57 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan D16 – 225

- Tulangan Lentur Arah Y

$$\begin{aligned}
 q_u &= p \times l \times h \times W_c \times K_u M_s \\
 &= 1,5 \times 2,5 \times 1,25 \times 2500 \times 1,3 \\
 &= 15234,375 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Reaksi ultimate tiang

$$\begin{aligned}
 P_u \text{ tiang} &= 2 \times 104861 \text{ kg} \\
 &= 209722 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned}
 M_u &= M_p - M_q \\
 &= P_u \text{ tiang} \times L - q_u \times \frac{1}{2} \times b l \\
 &= 209722 \times 0,75 - 15234,375 \times \frac{1}{2} \times 1,5 \\
 &= 145865,66 \text{ kgm/1,5m} \\
 &= 97243,77 \text{ kgm/m}
 \end{aligned}$$

Tulangan Lentur

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} \\
 &= \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,294
 \end{aligned}$$

$$M_u = 97243,77 \text{ kgm} = 953635627,2 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{0,8} \\
 &= \frac{953635627,2}{0,8} \\
 &= 1192044534 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{1192044534}{1000 \times 1126^2} \\
 &= 0,94 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,03368\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,03368 \\ &= 0,0253\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,294} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,294 \times 0,94}{390}} \right) \\ &= 0,00246\end{aligned}$$

Untuk ρ_{min} digunakan 2 rumus :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,00359\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &= 1,333 \times \rho_{\text{perlu}} \\ &= 1,333 \times 0,00246 \\ &= 0,00328\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= 0,00219 < \rho_{\text{min}} = 0,00359 \\ \text{Jadi dipakai } \rho_{\text{pakai}} &= 0,00292\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,00328 \times 1000 \times 1126 \\ &= 3687,71 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $\ggg s_{maks} \leq 2h$

$$\begin{aligned} s_{maks} &= 2h \\ &= 2 \times 1250 \\ &= 2500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{As \text{ perlu}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{3687,71 \text{ mm}^2} \\ &= 103,029 \text{ mm} < 2500 \text{ mm} \quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

Maka direncanakan menggunakan tulangan $s = 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{spakai} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s \text{ pakai}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \\ &= 3799,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} A_{pakai} &> A_{perlu} \\ 3799,4 \text{ mm}^2 &> 3687,71 \text{ mm}^2 \quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan D22 - 100

3. Perhitungan penulangan long stopper abutment

- Data

$$\text{Panjang} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 6 \text{ m}$$

- Tekanan tanah aktif

$$\text{Sudut gesek tanah, } \phi = 36,5^\circ$$

$$\text{Berat tanah, } W_s = 1,654 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Faktor reduksi, } K_{\phi}^R = 0,8$$

Dari data diatas dapat dihitung

$$\begin{aligned}\phi' &= \tan^{-1} (K_{\phi}^R \times \tan \phi) \\ &= \tan^{-1} (0,8 \times \tan 36,5^\circ) = 1,487 \\ K_a &= \tan^2 (45^\circ - \phi'/2) \\ &= \tan^2 (45^\circ - 1,487/2) \\ &= 0,949\end{aligned}$$

$$0,6 \times W_s = 0,9924 \text{ t/m}^2$$

$$B_y = 6 \text{ m}$$

$$H = 1 \text{ m}$$

Tabel 5. 28 Momen Akibat Tekanan Tanah Pada Stopper Abutment

NO	TEKANAN TANAH	TTA(ton)	Lengan thd O	y (m)	My (tm)
1	$TTA1 = (0,6 \times W_s) \times H \times K_a \times B_y$	5,65	$y = H/2$	0,5	2,827
2	$TTA1 = 1/2 \times H^2 \times W_s \times K_a \times B_y$	4,71	$y = H/3$	0,33	1,57
		13,819			4,397

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

- Beban Gempa

$$C_{SM} = 0,7$$

W_T = Berat sendiri stopper + berat akibat tekanan tanah

$$= 28,8 \text{ ton} + 10,364 \text{ ton}$$

$$= 39,16$$

$$T_{EQ} = \frac{C_{SM}}{R} \times W_T$$

$$= \frac{0,7}{1,5} \times 39,16 \text{ ton}$$

$$= 18,28 \text{ ton}$$

Tabel 5. 29 Momen Akibat Gempa Pada Stopper Abutment

NO	JENIS BEBAN	BEBAN (ton)	LENGAN		My (tm)
			y	m	
1	TEQ	18,28	y= H/2	0,5	3,05
		18,28			3,05

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

- Tekanan dinamis pada long stopper

Berat volume tanah timbunan, $W_s = 1,654 \text{ t/m}^3$

Sudut gesek tanah timbunan, $\phi = 36,5^\circ$

Tinggi tanah timbunan, $H = 1 \text{ m}$

Panjang, $L = 6 \text{ m}$

Urugan diatas abutment $= 0,6 \text{ m}$

$$0,6 \times W_s = 0,6 \text{ m} \times 1,654 \text{ t/m}^3 \\ = 0,992 \text{ t/m}^2$$

Koefisien tanah aktif saat gempa (K_aE)

$$K_aE = \frac{\cos^2 (\phi' - \theta - \bar{\beta})}{\cos^2 \theta \cos \bar{\beta} \cos (\delta' + \theta + \bar{\beta}) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta' + \phi') \sin(\phi' - \alpha - \bar{\beta})}{\cos(\delta' + \theta + \bar{\beta}) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2}$$

Dimana :

Sudut geser dalam, $\phi' = 36,5^\circ$

Sudut kemiringan thd. Vertikal, $\theta = 0^\circ$

Sudut kemiringan tanah timbunan, $\alpha = 0^\circ$

Sudut geser antara tanah dengan dinding, $\delta' = 0^\circ$

k_h = koefisien percepatan horizontal gempa

$= C \times I$

$$\begin{aligned}
 &= 0,15 \times 1,2 \\
 &= 0,18 \\
 k_v &= \text{koefisien percepatan vertikal gempa} \\
 &= 2/3 k_h \\
 &= 0,12
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{\beta} &= \tan^{-1} \left(\frac{k_h}{1 - k_v} \right) \\
 &= \tan^{-1} \left(\frac{0,18}{1 - 0,12} \right) \\
 &= 0,00357
 \end{aligned}$$

Maka nilai koefisien tanah aktif saat gempa ($K_a E$)

$$\begin{aligned}
 K_a E &= \frac{\cos^2 (\phi' - \theta - \bar{\beta})}{\cos^2 \theta \cos \bar{\beta} \cos (\delta' + \theta + \bar{\beta}) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin (\delta' + \phi') \sin (\phi' - \alpha - \bar{\beta})}{\cos (\delta' + \theta + \bar{\beta}) \cos (\theta - \alpha)}} \right]^2} \\
 &= 0,254
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{AE} &= \frac{1}{2} \times \gamma \text{ tanah} \times H t^2 \times (1 - K_v) \times K_a E \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,654 \times (1^2) \times (1 - 0,12) \times 0,254 \times 6 \\
 &= 1,109 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Tabel 5. 30 Beban Akibat Tekanan Tanah

NO	JENIS BEBAN	BEBAN (ton)	LENGAN		My (tm)
			y	m	
1	E_{AE}	1,109	1/3*H	0,33	0,123
		1,690			0,123

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

- Kombinasi

Tabel 5. 31 Kombinasi Momen Ultimate Long Stopper

NO	Jenis Bahan	Fakto Beban	My (tonm)	Muy (tonm)
1	Tekanan tanah aktif	1,25	4,397	5,496
2	Beban Gempa (TEQ)	1	3,046	3,046
3	Tekanan Tanah Dinmais	1,25	0,123	0,154
				8,696

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan

- Perhitungan rencana tulangan

Data perencanaan :

Momen rencana, Mu = 8,696 tm

Mutu beton, f_c' = 30 Mpa

Mutu baja, f_y = 390 Mpa

Tebal plat injak, h = 1000 mm

Tebal selimut beton, d = 100 mm

Tebal efektif lantai, d' = 900 mm

Lebar lantai, b = 2000 mm

Diameter tulangan, dt = 22 mm

Faktor reduksi = 0,8

Tulangan lentur

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,294$$

$$Mu = 8696 \text{ kgm} = 85281103,26 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,8}$$

$$= \frac{85281103,26}{0,8}$$

$$= 106601379,1 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$= \frac{106601379,1}{2000 \times 900^2}$$

$$= 0,0658 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right)$$

$$= 0,0337$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,0337$$

$$= 0,0253$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,294} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,294 \times 0,0658}{390}} \right)$$

$$= 0,00023$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{390}$$

$$= 0,00359$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00017 < \rho_{\text{min}} = 0,00359$$

Jadi dipakai $\rho_{\text{pakai}} = 0,00359$

Lebar yang ditinjau untuk A_s per 1 m

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \text{ pakai} \times b \times d \\
 &= 0,00359 \times 1000 \times 900 \\
 &= 3230,769 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times dt^2 \times b}{\text{As perlu}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{3230,769 \text{ mm}^2} \\
 &= 117,6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D22 – 100 mm (As = 3801,327 mm²)

Tulangan Bagi

$$\begin{aligned}
 \text{As}' &= 0,2 \times \text{As} \\
 &= 0,2 \times 3230,769 \\
 &= 646,154 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Diameter tulangan bagi = 16 mm

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times dt^2 \times b}{\text{As perlu}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{646,154 \text{ mm}^2} \\
 &= 311,01 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16 – 300 mm (As = 670,2064 cm²)

BAB VI

METODE PELAKSANAAN

6.1 Penjelasan Umum

Pelaksanaan pekerjaan dilapangan dilakukan sepenuhnya oleh kontraktor pelaksana yang telah ditunjuk dan diawasi langsung konsultan pengawas dan Kementerian Perhubungan. Pelaksanaan pekerjaan dilakukan berdasarkan atas gambar-gambar kerja dan spesifikasi tehnik umum dan khusus yang telah tercantum dalam dokumen kontrak, rencana kerja & syarat-syarat (RKS) dan mengikuti perintah atau petunjuk dari konsultan.

6.2 Mobilisasi dan Demobilisasi

Kegiatan mobilisasi adalah pengadaan alat kerja, termasuk alat berat. Pekerjaan ini dimulai dari transportasi dari tempat dimana alat kerja tersebut disimpan sampai ke lokasi pekerjaan dan instalasi alat sehingga siap untuk digunakan.

Sedangkan demobilisasi adalah pekerjaan kebalikannya sampai kembali pada tempat dimana semula alat tersebut disimpan. Alat kerja tersebut dapat merupakan alat kerja yang disewa atau yang dimiliki sendiri. Selain alat kerja, yang termasuk dalam kegiatan mobilisasi dan demobilisais adalah pengadaan tenaga kerja, mulai dari buruh kasar, mandor, sampai manajer pelaksana.

6.3 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan dilaksanakan sebelum pekerjaan fisik dimulai. Adapun pekerjaan-pekerjaan yang dilaksanakan dalam pekerjaan persiapan tersebut, yaitu :

a. Pemeriksaan Patok

Salah satu pekerjaan persiapan yang penting adalah pemeriksaan patok. Umumnya pekerjaan pematokan telah dilaksanakan sebelum kontrak pekerjaan dibuat karena termasuk dalam bagian kegiatan perancangan jalan. Patok-patok ini diperlukan sebagai acuan garis jalan dan

kemiringan sesuai dengan gambar rencana. Jika patok-patok tersebut tidak ada, maka dengan mengacu pada gambar rencana disusun kembali patok-patok yang diperlukan.

- b. Pengadaan direksi keet
Untuk pengadaan direksi keet ini pihak kontraktor pelaksana membuatnya disekitar lokasi proyek. Direksi keet ini berfungsi untuk tempat beristirahat para pekerja dan penyimpanan material serta peralatan pekerjaan.
- c. Penyiapan badan jalan
Pekerjaan ini meliputi pembersihan lokasi, penutupan jalan dan lainnya. Sehingga pelaksanaan proyek ini berjalan dengan lancar.

6.4 Pekerjaan Tanah Dasar

Tanah dasar harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Tanah dasar harus mampu memikul lapis dasar (*subgrade*) dan bebas dari masalah penurunan (*settlement*). Jika terdapat lapisan tanah lunak berbutir halus alluvial dengan nilai $N-SPT \leq 4$, maka harus tidak boleh termasuk dalam lapisan 3 m diukur dari permukaan formasi jalan pada kondisi apapun. Permukaan tanah dasar harus mempunyai kemiringan ke arah luar badan jalan sebesar 5%.
2. Daya dukung tanah dasar yang ditentukan dengan metoda tertentu, seperti ASTM D 1196 (Uji beban plat dengan menggunakan plat dukung berdiameter 30 cm) harus tidak boleh kurang dari 70 MN/m² pada permukaan tanah pondasi daerah galian. Apabila nilai K₃₀ kurang dari 70 MN/m², maka tanah pondasi harus diperbaiki dengan metode yang sesuai.

Tanah dasar yang dibentuk dari timbunan harus memenuhi persyaratan berikut:

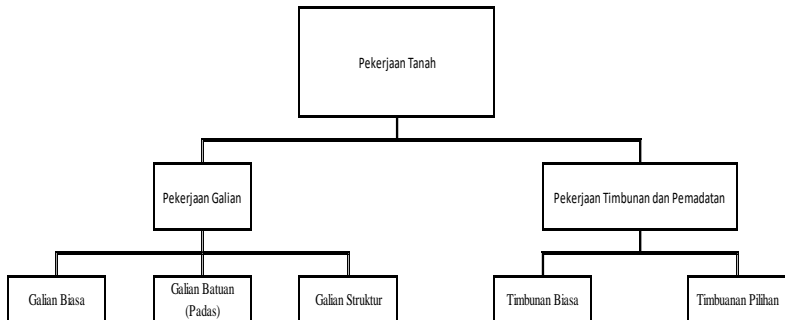
1. Tanah yang digunakan tidak boleh mengandung material bahan-bahan organik, gambut dan tanah mengembang;
2. Kepadatan tanah timbunan harus tidak boleh kurang dari 95% kepadatan kering maksimum dan memberikan sekurang-kurangnya nilai CBR 6% pada uji dalam kondisi terendam (*soaked*).

Persiapan tanah dasar mencakup pekerjaan-pekerjaan :

1. Pembersihan (*Clearing and Grubbing*)
2. Pengelupasan Lapisan Tanah Atas (*Top Soil Stripping*)
3. Pembokaran Bangunan (*Demolition*)
4. Penggalian (*Excavation*)
5. Penimbunan (*Embankment/Fill*)

Clearing and Grubbing mencakup pembersihan segala macam tumbuh-tumbuhan, pohon-pohon, semak-semak, tanaman lain, sampah-sampah, dan material-material lain yang mengganggu dan termasuk pencabutan akar-akar, sisa konstruksi dan sisa-sisa material dari pekerjaan *Domolition*. *Top soil stripping* mencakup pembuangan tanah humus atau tanah subur yang digunakan untuk bercocok tanam.

Peralatan yang umum digunakan untuk pekerjaan *clearing and grubbing*, *stripping*, dan *demolition* adalah Bulldozer dengan dibantu oleh Chainsaw untuk menebang pohon-pohon besar. Dump truck sebagai pengangkut dan Loader untuk memuatkan material ke truk.



Gambar 6. 1 Struktur Pekerjaan Tanah

6.4.1 Pekerjaan Galian

Pekerjaan galian adalah pekerjaan pemotongan tanah dengan tujuan untuk memperoleh bentuk serta elevasi permukaan sesuai dengan gambar yang telah direncanakan. Adapun prosedur pekerjaan dari pekerjaan galian, yaitu :

- a. Lokasi yang akan dipotong (cutting) haruslah terlebih dahulu dilakukan pekerjaan clearing dan grubbing yang bertujuan untuk membersihkan lokasi dari akar-akar pohon dan batu-batuan dengan menggunakan ekskavator. Setelah lahan dibersihkan kemudian dilakukan pekerjaan perataan tanah dengan menggunakan alat bulldozer.



Gambar 6. 2 Perataan Tanah Dengan Bulldozer

- b. Untuk mengetahui elevasi jalan rencana, surveyor harus melakukan pengukuran dengan menggunakan alat ukur (theodolit). Apabila elevasi tanah tidak sesuai maka tanah dipotong kembali dengan menggunakan alat berat (motor grader), sampai elevasi yang diinginkan.



Gambar 6. 3 Motor Grader

- c. Memadatkan tanah yang telah digali dengan menggunakan Tandem Roller.



Gambar 6. 4 Pemadatan Dengan Tandem Roller

- d. Melakukan pengujian kepadatan tanah dengan tes kepadatan (Uji Density Sand Cone test) di lapangan.



Gambar 6. 5 Tes Uji Sandcone Lapangan

Pekerjaan galian dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bagian :

1. Galian Biasa (Common Excavation)

Dalam pekerjaan ini dilakukan penggalian untuk menghilangkan atau membuang material yang tidak dapat dipakai sebagai struktur jalan, yang dilakukan menggunakan excavator untuk memotong bagian ruas jalan sesuai dengan gambar rencana, sedangkan pengangkutan dilakukan dengan menggunakan dump truck.

2. Galian Batuan / Padas

Pekerjaan galian batu (padas) mencakup galian bongkahan batu dengan volume 1 meter kubik atau lebih. Pada pekerjaan galian batu ini biasa dilakukan dengan menggunakan alat bertekanan udara (pemboran) dan peledakan.

3. Galian Struktur

Pada pekerjaan galian struktur ini mencakup galian pada segala jenis tanah dalam batas pekerjaan yang disebut atau ditunjukkan dalam gambar untuk struktur. Pekerjaan galian ini hanya terbatas untuk galian lantai pondasi jembatan.

6.4.2 Pekerjaan Timbunan dan Pemadatan

Sebelum pekerjaan galian maupun timbunan harus didahului dengan pekerjaan clearing dan grubbing, maksudnya adalah agar lokasi yang akan dikerjakan tidak mengandung bahan organik dan benda-benda yang mengganggu proses pemadatan. Timbunan dilaksanakan lapis demi lapis dengan ketebalan tertentu dan dilakukan proses pemadatan.

Proses penimbunan dapat diklasifikasikan menjadi 2, yaitu :

1. Timbunan Biasa

Pada timbunan biasa ini material atau tanah yang biasa digunakan berasal dari hasil galian badan jalan yang telah memenuhi syarat.

2. Timbunan Pilihan

Pada pekerjaan timbunan ini tanah yang digunakan berasal dari luar yang biasa disebut borrowpitt. Tanah ini digunakan apabila nilai CBR tanah dari timbunan kurang dari 6%.

Adapun langkah kerja dari proses pemadatan tanah, yaitu :

1. Mengangkut material dari quarry menuju lokasi dengan menggunakan Dump Truck.



Gambar 6. 6 Pengangkutan Material Timbunan Dengan Dump Truck

2. Menumpahkan material pada lokasi tempat dimana akan dilaksanakan pekerjaan penimbunan.
3. Meratakan material menggunakan Motor Grader sampai ketebalan yang direncanakan. Sebagai panduan operator Grader dan vibro maka dipasang patok tiap jarak 25 m yang ditandai sesuai dengan tinggi hamparan.

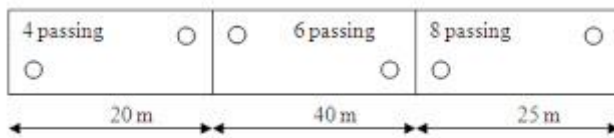


Gambar 6. 7 Perataan Timbunan Dengan Motor Grader

4. Memadatkan tanah dengan menggunakan Vibrator Roller yang dimulai sepanjang tepi dan bergerak sedikit demi sedikit ke arah sumbu jalan dalam keadaan memanjang, sedangkan pada tikungan (alinyemen horizontal) harus dimulai pada bagian yang rendah dan bergerak sedikit demi sedikit ke arah yang tinggi, pemadatan tersebut dipadatkan dengan 6 pasing (12 x lintasan) hingga didapatkan tebal padat 20 cm hingga didapat elevasi top subgrade yang sesuai dengan rencana.

Pengujian Kepadatan Tanah Sand Cone

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kepadatan dan kadar air dilapangan. Juga bisa sebagai perbandingan pekerjaan yang akan dilaksanakan dilapangan dengan perencanaan pekerjaan.



Gambar 6. 8 Titik Pengambilan Sampel

6.5 Pekerjaan Lapis Dasar (Subgrade)

Lapis tanah dasar harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Material lapis dasar tidak boleh mengandung material organik, gambut dan tanah mengembang;
2. Material lapis dasar (*subgrade*) harus tidak boleh kurang dari 95% kepadatan kering maksimum dan memberikan sekurang-kurangnya nilai CBR 8% pada uji dalam kondisi terendam (*soaked*).
3. Lapis dasar haruslah terdiri dari lapisan tanah yang seragam dan memiliki cukup daya dukung. Kekuatan CBR material lapis dasar haruslah tidak kurang dari 8% pada contoh tanah yang telah dipadatkan hingga 95% dari berat isi kering maksimum.
4. Lapis dasar harus mampu menopang jalan rel dengan aman dan memberi kecukupan dalam elastisitas pada rel. Lapis dasar juga harus mampu menghindari tanah pondasi dari pengaruh akibat cuaca. Bagian terbawah dari pondasi ini memiliki jarak minimum 0,75 m di atas muka air tanah tertinggi.
5. Ketebalan minimum lapis dasar haruslah 30 cm untuk mencegah terjadinya *mud pumping* akibat terjadinya perubahan pada tanah isian atau tanah pondasi. Lebar lapis dasar haruslah sama dengan lebar badan jalan. Dan lapis dasar juga harus memiliki kemiringan sebesar 5% ke arah bagian luar.

Cara pelaksanaan :

1. Persiapan tanah dasar harus sudah selesai dikerjakan, artinya tanah dasar harus sudah dibentuk dan dipadatkan sesuai dengan persyaratan dan sudah siap untuk perletakan lapisan lapis dasar (subgrade)
2. Material lapis dasar (subgrade) yang akan dipadatkan harus diperiksa kadar airnya. Bila kadar air material tersebut lebih kecil/besar dari kadar air optimal, maka material tersebut harus dikeringkan/ditambahkan kadar airnya. Sebelum dipadatkan kadar air dari material harus merata dengan diaduk terlebih dahulu dengan grader.
3. Setelah kadar air mencukupi, hamparan agregat dibentuk dengan baik menggunakan grader dan langsung dipadatkan dengan alat pemadat yang sesuai, seperti three wheel, tandem, pneumatic tired roller, dan alat sejenisnya yang sesuai. Tiap lapisan harus dipadatkan minimal 100% kepadatan maksimum.
4. Pelaksanaan penggilasan harus dimulai dari kedua sisi luar badan jalan menuju ketengah, sejajar as jalan, kecuali pada tikungan, pemadatan harus dimulai dari tepi yang terendah sejajar as jalan menuju ke bagian yang lebih tinggi.

6.6 Pekerjaan Sub-balas

Lapisan sub-balas berfungsi sebagai lapisan penyarang (filter) antara lapis dasar (subgrade) dan lapisan balas dan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebal minimum lapisan balas bawah adalah 15 cm. Lapisan sub-balas terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar yang memenuhi syarat sebagai berikut :

Standar Saringan ASTM	Presentase Lolos (%)
2 ½"	100
¾"	55 – 100
No. 4	25 – 95
No. 40	5 – 35

No. 200	0 - 10
---------	--------

Sub-balas harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Material sub-balas dapat berupa campuran kerikil (*gravel*) atau kumpulan agregat pecah dan pasir;
2. Material sub-balas tidak boleh memiliki kandungan material organik lebih dari 5%;
3. Untuk material sub-balas yang merupakan kumpulan agregat pecah dan pasir, maka harus mengandung sekurang-kurangnya 30% agregat pecah;
4. Lapisan sub-balas harus dipadatkan sampai mencapai 100% γd menurut percobaan ASTM D 698.

Cara pelaksanaan :

1. Persiapan lapis dasar (subgrade) harus sudah selesai dikerjakan, artinya lapis dasar harus sudah dibentuk dan dipadatkan sesuai dengan persyaratan dan sudah siap untuk perletakan lapisan sub-balas.
2. Material sub-balas yang akan dipadatkan harus diperiksa kadar airnya. Bila kadar air material tersebut lebih kecil/besar dari kadar air optimal, maka material tersebut harus dikeringkan/ditambahkan kadar airnya. Sebelum dipadatkan kadar air dari material harus merata dengan diaduk terlebih dahulu dengan grader.
3. Setelah kadar air mencukupi, hamparan agregat dibentuk dengan baik menggunakan grader dan langsung dipadatkan dengan alat pemadat yang sesuai, seperti three wheel, tandem, pneumatic tired roller, dan alat sejenisnya yang sesuai. Tiap lapisan harus dipadatkan minimal 100% kepadatan maksimum.
4. Pelaksanaan penggilasan harus dimulai dari kedua sisi luar badan jalan menuju ketengah, sejajar as jalan, kecuali pada tikungan, pemadatan harus dimulai dari tepi yang terendah sejajar as jalan menuju ke bagian yang lebih tinggi.

6.7 Pekerjaan Balas

Fungsi utama balas adalah untuk meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke lapis dasar, mengokohkan kedudukan bantalan dan meluluskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan dan rel. Kemiringan lereng lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1 : 2. Bahan balas atas dihampar hingga mencapai sama dengan elevasi bantalan. Material pembentuk balas harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Balas harus terdiri dari batu pecah (25 – 60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan;
2. Material balas harus bersudut banyak dan tajam;
3. Porositas maksimum 3%;
4. Kuat tekan rata-rata maksimum 1000 kg/cm²;
5. *Specific gravity* minimum 2,6;
6. Kandungan tanah, lumpur dan organik maksimum 0,5%;
7. Kandungan minyak maksimum 0,2%;
8. Keausan balas sesuai dengan *test Los Angeles* tidak boleh lebih dari 25%.

Cara pelaksanaan :

Balas ditaburkan dalam dua tahap.

1. Tahap pertama saat sebelum perakitan trek rel.
Bahan balas diangkut oleh kereta pengangkut ke lokasi pekerjaan, kemudian dituangkan di lokasi pekerjaan pada interval jarak tertentu dalam bentuk tumpukan-tumpukan bahan balas.



Gambar 6. 9 Tumpukan Material Balas
Sumber : manadopostonline.com

Penyebaran dan pemadatan bahan balas dilakukan secara manual menggunakan sekop (shovel) atau menggunakan alat berat ekskavator. Balas ditaburkan diatas lapis dasar (subgrade) dan menjadi track bed bagi bantalan rel, agar bantalan tidak bersentuhan langsung dengan lapis dasar. Kerena akan membuat bantalan menjadi ambles akibat beban axle load.

2. Tahap kedua ketika trek rel selesai dirakit. Penyebaran bahan balas dilakukan oleh kereta balas (*Ballast Distributing and Profiling Machine*). Mekanisme penyebarannya ialah sewaktu kereta balas berjalan dengan kecepatan tertentu bahan balas ke luar melalui pintu yang ada di lantai kereta balas dan disebarkan secara merata pada sepur yang dia bangun. Selain juga untuk menambah ketinggian lapisan balas hingga setinggi bantalan, mengisi rongga-rongga antar bantalan dan disekitar bantalan itu sendiri.



Gambar 6. 10 Pengisian Balas Pada Rongga Bantalan
Sumber : republik.co.id



Gambar 6. 11 Ballast Distributing and Profiling Machine
Sumber : railway-technology.com

6.8 Pemasangan Bantalan

Bantalan berfungsi untuk meneruskan beban kereta api dan berat konstruksi jalan rel ke balas, mempertahankan lebar jalan rel dan stabilitas ke arah luar jalan rel. Untuk bantalan beton harus memenuhi persyaratan berikut :

1. Untuk lebar jalan rel 1067 mm dengan kuat tekan karakteristik beton tidak kurang dari 500 kg/cm^2 , dan mutu baja prategang dengan tegangan putus (*tensile strength*) minimum sebesar 16.876 kg/cm^2 (1.655 MPa). Bantalan beton harus mampu memikul momen minimum sebesar +1500 kg m pada bagian dudukan rel dan -930 kg m pada bagian tengah bantalan.

2. Dimensi bantalan beton

- a) Untuk lebar jalan rel 1067 mm :
- Panjang : 2.000 mm
 - Lebar maksimum : 260 mm
 - Tinggi maksimum : 220 mm

Dalam pemasangan bantalan untuk rel kereta api juga harus memperhatikan jarak dari setiap bantalan tersebut. Dengan memperhatikan jarak dari setiap bantalan tersebut maka akan mengurangi beban yang harus diterima oleh setiap bantalan rel. Bantalan rel dipasang melintang dari posisi rel pada jarak antar bantalan 60 cm.



Gambar 6. 12 Pemasangan Bantalan

Sumber : harianriau.co

6.9 Pemasangan Rel

Batang rel terbuat dari besi ataupun baja bertekanan tinggi, dan juga mengandung karbon, mangan, dan silikon. Batang rel khusus dibuat agar dapat menahan beban berat (axle load) dari rangkaian KA yang berjalan di atasnya. Inilah komponen yang pertama kalinya menerima transfer beban dari rangkaian KA yang lewat. Tiap potongan (segmen) batang rel memiliki panjang 20-25 m. Rel harus memenuhi persyaratan berikut :

1. Minimum perpanjangan (*elongation*) 10%;
2. Kekuatan tarik (*tensile strength*) minimum 1175 N/mm²;

3. Kekerasan kepala rel tidak boleh kurang dari 320 BHN.

Cara pelaksanaan :

1. Rel yang akan dipasang dibawa ke lokasi proyek menggunakan truk trailer atau menggunakan kereta pengangkut barang.
2. Kemudian rel diangkat menggunakan ekskavator dan diletakkan diatas bantalan yang telah disusun.



Gambar 6. 13 Pengangkatan Rel

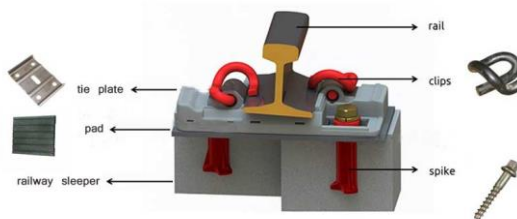


Gambar 6. 14 Pemasangan Rel

6.10 Pemasangan Penambat Elastis

Fungsi penambat elastis yaitu untuk mengaitkan batang rel dengan bantalan yang menjadi tumpuan batang rel tersebut, agar batang rel tetap menyatu pada bantalannya dan menjaga kelebaran trek. Penambat elastis dibuat untuk menghasilkan jalan KA yang berkualitas tinggi, yang biasanya digunakan pada jalan rel KA yang memiliki frekuensi dan axel load yang tinggi. Karena sifatnya yang elastis sehingga mampu mengabsorbsi getaran pada rel saat

rangkaian KA melintas, oleh karena itu perjalanan KA menjadi lebih nyaman dan mengurangi resiko kerusakan pada rel maupun bantalannya. Selain itu penambat elastis juga dipakai pada rel yang disambungkan dengan las termit (Continuous Welded Rails), karena sambungan rel dilas sehingga tidak punya celah pemuaian. Karena kemampuannya untuk menahan batang rel agar tidak bergerak secara horizontal saat pemuaian, penambat inilah yang sekarang banyak digunakan terutama pada bantalan beton.



Gambar 6. 15 Komponen Pada Penambat Elastis
Sumber : railway-fastener.com

6.11 Plat Besi Penyambung

Dalam penyambungan antar segmen/ potongan rel terdapat dua metode

1. Metode Sambungan Tradisional (Conventional Jointed Rails)
Plat besi penyambung merupakan plat besi dengan panjang sekitar 50-60 cm yang berfungsi untuk menyambung dua segmen/potongan rel. Pada plat tersebut terdapat 4 atau 6 lubang untuk tempat skrup/baut penyambung serta murnya. Batang rel biasanya hanya memiliki panjang sekitar 20-25 m tiap potongannya. Pada setiap sambungan rel, dibuat celah untuk tempat pemuaian. Biasanya jenis sambungan ini terdapat di daerah emplasemen/stasiun atau di dekat area wesel.



Gambar 6. 16 Sambungan Baut Pada Jalan Rel

2. Metode Sambungan Las Termit (Continuous Welded Rails)
Dengan metode CWR, tiap 2 sampai 4 potongan batang rel dapat dilas menjadi satu rel yang panjang tanpa diberi celah pemuaian, sehingga tiap CWR memiliki panjang sekitar 40-100 m. Sambungan CWR biasanya diterapkan pada jalur dengan kecepatan laju KA yang tinggi, karena permukaan rel menjadi lebih rata dan halus sehingga rangkaian KA dapat lewat dengan nyaman.



Gambar 6. 17 Sambungan Las Termit
Sumber : skanska.cz

BAB VII

KESIMPULAN

7.1 Kesimpulan

Sesuai dengan analisa data dan kondisi eksisting trase jalan kereta api, maka dalam perencanaan jalur rel ganda (*double track*) didapat beberapa poin kesimpulan, meliputi :

1. Perencanaan lengkung horizontal untuk kecepatan rencana, sudut lengkung, dan R (jari-jari) mengikuti dari data trase eksisting yang diperoleh dari DAOP IX Jember. Perencanaan lengkung vertikal sesuai dengan kondisi eksisting di lapangan.
2. Hasil perencanaan struktur jalan rel
 - Kelas Jalan = Kelas Jalan III
 - Tipe Rel = R.54
 - Vmaks = 100 km/jam
 - Beban Gandar = 14 Ton
 - Lebar sepur = 1067 mm
 - Jarak bantalan = 60 cm
 - Tebal Balas = 55 cm
 - Tebal Sub-balas = 20 cm
 - Sambungan = Las Termit dan Sambungan Baut
 - Tipe Penambat = DE Spring Clips
3. Dalam perhitungan stabilitas badan jalan diperoleh tegangan ijin sebesar 4,8 t/m². Kemudian dihitung dengan program plaxis diperoleh tegangan di lapangan sebesar 3,5 t/m² dan nilai displacement sebesar 0,888 inch. Dan juga nilai kelongsoran SF = 2,388 lebih besar dari pada SF ijin yang ditetapkan yaitu 2. Sehingga badan jalan dapat lalu dengan aman. Dinding penahan tanah memiliki tinggi 7 m. Kemudian dikontrol dan memenuhi stabilitas geser, guling, dan daya dukung tanahnya.
4. Untuk saluran drainase direncanakan sepanjang trase jalan kereta api. Dimensi saluran tergantung dari luas catchment

area dan kondisi wilayah setempat yang dilalui kereta api. Pada jembatan kereta api direncanakan bentang 30 m dan terletak di KM 46+274. Jembatan menggunakan rangka baja dengan tinggi rangka 5 m. Abutment pada jembatan kereta memiliki tinggi total 2,25 m dengan lebar 6 m. Terbagi atas beberapa bagian struktur abutment meliputi : pile cap dan long stopper. Pancang yang digunakan untuk abutmen sebanyak 2 x 4 buah dengan diameter 500 mm. Pancang menggunakan spun pile dengan kedalaman pancang 12 m.

5. Metode pelaksanaan jalan kereta api terdiri dari :
 - Pekerjaan penyiapan tanah dasar.
 - Pekerjaan lapis dasar (subgrade)
 - Pekerjaan penghamparan sub-balas
 - Pekerjaan penghamparan balas
 - Pemasangan bantalan
 - Pemasangan rel
 - Pemasangan penambat

7.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari pembangunan jalan kereta api double track ini adalah :

1. Dalam melakukan pembangunan jalan kereta api dengan sistem *Double Track* perlu diperhatikan kondisi topografi di kanan maupun kiri dari jalur kereta api eksisting.
2. Untuk menghindari erosi dan genangan pada badan jalan kereta api perlu direncanakan saluran ditepi kanan maupun kiri dari badan jalan kereta api, kemudian juga perlu direncanakan saluran melintang.
3. Perlu dilakukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya untuk mengetahui budget yang dibutuhkan dalam pembangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Catatan Kuliah. *Rekayasa Jalan Rel*. Departemen Teknik Sipil.
Institut Teknologi Bandung – Bandung.
- Catatan Kuliah. *Rekayasa Jalan Raya*. Departemen Teknik Sipil.
Institut Teknologi Bandung – Bandung.
- Data Sektoral Kabupaten Banyuwangi. 2011
- Das, Braja M., Endah, Noor, Mochtar, Indrasurya B. 1985.
Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2
- Diktat Kuliah. *Perencanaan Geometri Jalan dan Rel*. Jurusan
Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh
Nopember – Surabaya.
- Direktorat Jendral Perkeretaapian Kementerian Perhubungan.
2011. *Rencana Induk Perkeretaapian Nasional*.
- Direktorat Jendral Perkeretaapian Kementerian Perhubungan.
2014. *Buku Informasi Perkeretaapian*.
- Ir. Suyono Sosrodarsono, 2000. *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*
- Peraturan Menteri Perhubungan (Permenhub) No 60. 2012.
Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.
- PT. KAI PERSERO. 1986. *Perencanaan Konstruksi Jalan Rel*
(Peraturan Dinas No. 10)
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*.
- Subarkah, Imam. 1981. *Jalan Kereta Api*.
- Triamodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*.
- Wahyudi, H. 1993. *Jalan Kereta Api (Struktur dan Geometrik Jalan Rel)*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil-FTSP ITS

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

13.4. Lokomotif CC-203

SPESIFIKASI : LOKOMOTIF CC-203



Mesin, motor traksi, dan converter

Penggerak utama:	GE 7FDL-8
Jenis mesin:	4 langkah, turbocharger
<u>Generator:</u>	GT 581
<u>Motor traksi:</u>	6 buah, tipe GE 761, arus searah (DC-DC)
Transmisi dan kinerja	
Perbandingan roda gigi:	90:21
Kecepatan maksimum:	90–120 km/h (56–75 mph)
Kecepatan minimum kontinu:	24 km/h (15 mph)
Daya mesin:	2,250 hp (1,680 kW)
Daya ke generator/converter:	2,000 hp (1,500 kW)
Jari-jari lengkung terkecil:	567 m (1,860 ft)
Lain-lain	
<u>Rem lokomotif:</u>	Udara tekan, dinamik, parkir
Karier	
Perusahaan pemilik:	PT Kereta Api Indonesia , PT Tanjung Enim Lestari Pulp and Paper
Daerah operasi:	Pulau Jawa-Sumatera Selatan
Pertama digunakan	1995
	bersamaan dengan peluncuran KA Argo Bromo
Keadaan:	Semua beroperasi

Sumber tenaga:
Diesel elektrik

Bagian dari seri GE Universal Series

Desainer:	GE Transportation dan UGL Rail
Perusahaan pembuat:	GE Transportation PT GE Lokomotif Indonesia (GE Lokindo/GELI)
Nomor seri:	CC203
Model:	GE U20C
Tanggal dibuat:	1995-2002
Jumlah dibuat:	41 unit
Data teknis	
Roda	
<u>Susunan roda AAR:</u>	C-C
<u>Klasifikasi UIC:</u>	Co'Co'
Dimensi	
<u>Lebar sepur:</u>	1,067 mm (3 ft 6 in)
Diameter roda:	914 mm (2.999 ft)
Panjang:	14.135 mm (0.04637 ft)
Lebar:	2.642 mm (0.00867 ft)
Tinggi (maksimum):	3.637 mm (0.01193 ft)
Jarak antara alat perkangkai:	15.214 mm (0.04991 ft)
Jarak antar pivot:	7.680 mm (0.02520 ft)
Jarak gandar:	3.304 mm (0.01084 ft)
Tinggi alat perkangkai:	775 mm (2.543 ft)
Berat	
Berat kosong:	78 t (78,000 kg)
Berat siap:	84 t (84,000 kg)
Berat adhesi:	84 t (84,000 kg)
Bahan bakar dan kapasitas	
Jenis bahan bakar:	<i>High-speed diesel</i>
Kapasitas bahan bakar:	3.028 l (0.003028 m ³)
Kapasitas pelumas:	984 l (0.984 m ³)
Kapasitas pendingin:	684 l (0.684 m ³)
Kapasitas bak pasir:	510 l (0.51 m ³)

RAILWAY CONCRETE PRODUCT

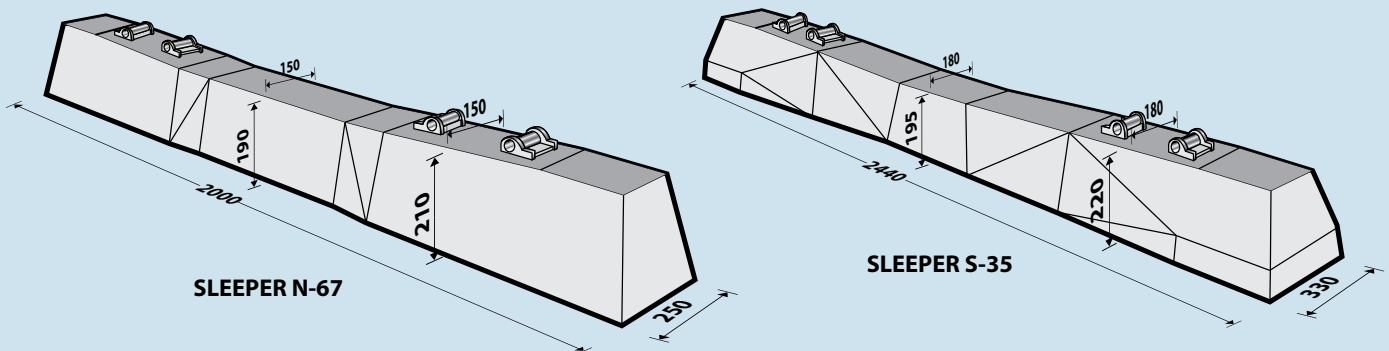
DESCRIPTION

Type of Railway Product : Prestressed Concrete Sleepers
 Prestressed Concrete Turnout Sleepers
 Prestressed Concrete Catenary Poles

DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	PD No.10 - Perumka AREMA Chapter 30 - 2009 GOST 10629 - 1988 TB/T 3080 - 2030 JIS A 5309 - 1981	Indonesian Railways Design Reference American Railway Engineering Manintenance of Ways Prestressed Concrete Sleepers for Railway Wide 1520 mm Technical Concrete Sleeper Railway Industry Standards Prestressed Concrete Spun Poles
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | PC SLEEPERS



PC SLEEPERS DIMENSION

Type	Sleeper Length (mm)	Depth (mm)		Width at Rail Seat (mm)		Width at Center (mm)	
		at rail seat	at center	Upper	Bottom	Upper	Bottom
N-67	2000	210	190	150	250	150	226
S-35	2440	220	195	190	310	180	240
W-20	2700	195	145	224	300	182	250

PC SLEEPERS SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm²)

Type * | **	Track Gauge (mm)	Design Axle Load (ton)	Train Speed (km/h)	Sleeper Weight (kg)	Design Bending Moments (kg.m)				Design Reference ***
					Moments at Rail Seat		Moments at Centre		
					positive (+)	negative (-)	positive (+)	negative (-)	
N-67	1067	18	120	190	1500	750	660	930	PERUMKA PD - 10
S-35	1435	25	200	330	2300	1500	1300	2100	AREMA
W-20	1520	23	120	275	1300	-	-	980	GOST 10629 Grade-1

Note : *) Type of Rail is available for R-33, R-38, R-40, R-42, R-50, R-54 & R-60

**) Type of fastening is available for Pindad E-Clip, Pandrol E-Clip, Vossloch Clip, DE-Clip or others adjustable to customer requirement

***) Standard design reference is adjustable to customer requirement

DE-Clips (DE-Clips Rail Fastener) diproduksi sejak tahun 1984 yang merupakan lisensi dari Hollandia Kloosdan Ewem AG. DE-Clip Rail Fastener telah lulus uji dengan standar AREMA (American Railway Engineering & Maintenance Association) :

- Tie Pad Test
- Insert Pull test and Torsi Insert test
- Up lift test
- Longitudinal load test
- Repeated load test
- Lateral load restraint

Fitur DE-Clips Rail Fastener:

- Komponen sedikit dan sederhana
- Mudah dalam pemasangan
- Dapat digunakan kembail bila rail diganti
- Perawatan/maintenance mudah
- Gaya cekam tinggi 750 1300 Kgf (SNI 11-3677-1995)
- Dapat meredam getaran rail
- Mampu menahan beban longitudinal dan lateral serta beban gandar (axle load)
- Mengunci sendiri (anti vandal)
- Dapat dipasang pada lengkung, perlintasan dan sambungan rail.
- Dapat dipakai pada berbagai type rail
- Dapat melindungi signal and tracking systems.
- Dapat dipasang pada bantalan beton, baja, dan kayu.

Tempa Cor & Alat Perkeretaapian

- Forging
- Casting
- Railway Equipment

Jumlah Curah Hujan Harian Maksimum (mm) 2007-2016

Bulan	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	Curah Hujan (mm)	Curah Hujan (mm)	Curah Hujan (mm)	Curah Hujan (mm)	Curah Hujan (mm)	Curah Hujan (mm)	Curah Hujan (mm)	Curah Hujan (mm)	Curah Hujan (mm)	Curah Hujan (mm)
Januari	110,00	105,25	109,81	109,19	90,80	109,71	105,50	106,30	100,07	95,72
Februari	106,92	106,17	102,75	106,73	103,30	89,40	100,20	103,32	101,35	106,78
Maret	87,40	103,25	108,44	108,41	93,07	94,70	96,55	28,30	90,36	108,69
April	104,80	105,71	92,50	105,00	96,20	53,30	91,52	105,83	84,30	102,45
Mei	91,00	91,00	104,00	107,36	97,36	87,10	97,30	19,40	87,10	97,35
Juni	99,00	103,00	103,00	102,33	24,80	15,30	61,40	16,90	58,80	98,25
Juli	24,00	0,00	103,00	106,00	41,80	35,80	104,00	90,73	68,08	63,07
Agustus	4,00	48,00	0,00	85,67	8,00	10,70	37,30	24,30	14,90	52,07
September	11,00	22,00	39,00	94,00	4,00	11,50	6,90	5,80	0,80	94,17
Oktober	78,33	106,00	49,00	103,40	40,80	6,30	0,80	36,50	21,10	107,19
November	104,40	104,40	107,88	107,50	104,30	79,60	99,00	91,50	93,60	105,02
Desember	110,12	109,13	104,60	104,60	97,75	104,27	106,87	96,00	105,86	96,44

Sumber : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Meteorologi Banyuwangi

DRILLING LOG					BOREHOLE NO : DB-1				
PROJECT : PEMBANGUNAN JEMBATAN PANCASILA					LOGGED BY : Amir Fauzan.Spd				
LOCATION : KEC. GLENMORE, KAB. BANYUWANGI					ELV. : 35,00				
GWL : - 0.50 meter					DATE : 20-Mar-14				
					DRILLED BY : Ginanjar Eka, ST				
DEPTH (m)	SYMBOL	SAMPLE	SAMPLE DEPT (M)	SOIL DESCRIPTION	N1	N2	N3	N - SPT	SPT
0									
2	CH	UDS1	1.00-1.50	silty CLAY, grayish brown, very stiff, high plasticity					
4		SPT1	1.50-1.95		5	9	12	21	
6	ML	SPT2	3.00-4.45	sandy SILT trace clay, little gravel, dark brown, hard, low plasticity	7	13	22	35	
8		SPT3	4.50-4.95	grades little clay, trace gravel					
10		DS1	5.50-6.00		9	15	23	38	
12	SP	SPT4	6.00-6.45	SAND poorly graded, medium grained, little cemented sand, black, very dense	20	25	30	>50	
14	ML	SPT5	7.50-7.95	clayey SILT, little gravel, dark brown, low plasticity	25	32	35	>50	
16		SPT6	9.00-9.40	grades little cemented silt					
18		DS2	10.00-10.50		23	38	26/10	>50	
20		SPT7	10.50-10.95	grades dark grey	23	25	28	>50	
22				grades trace cemented silt					
24		SPT8	12.00-12.45		25	28	22	50	
26	SM	SPT9	13.50-13.95	silty SAND little cemented sand, black very dense	22	25	25	50	
28				grades some cemented sand					
30		SPT10	15.00-15.40		27	37	18/10	>50	
32								>50	
REMARK :									
0 TO 10 % : TRACE					■ : Undisturbed Sample				
10 TO 20 % : LITTLE									
20 TO 35 % : SOME					▣ : Disturbed sample				
35 TO 50 % : AND									

Table SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULTS

Project	:	Pembangunan Tanki Kapasitas 500 KL
Standard	:	ASTM
Lokasi	:	Depot Tanjung Wangi - Banyuwangi

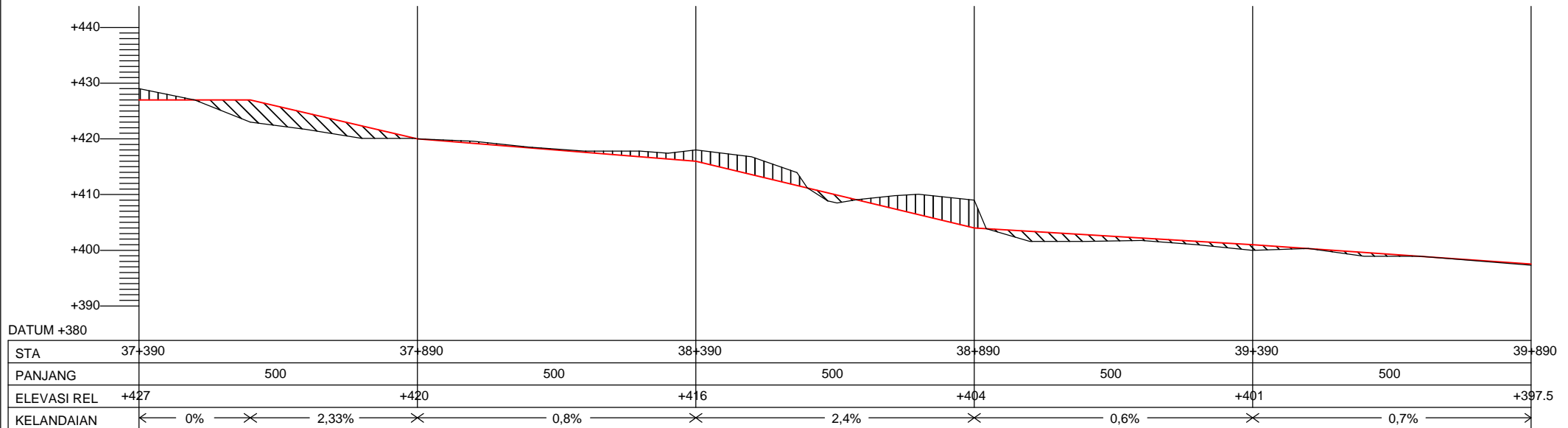
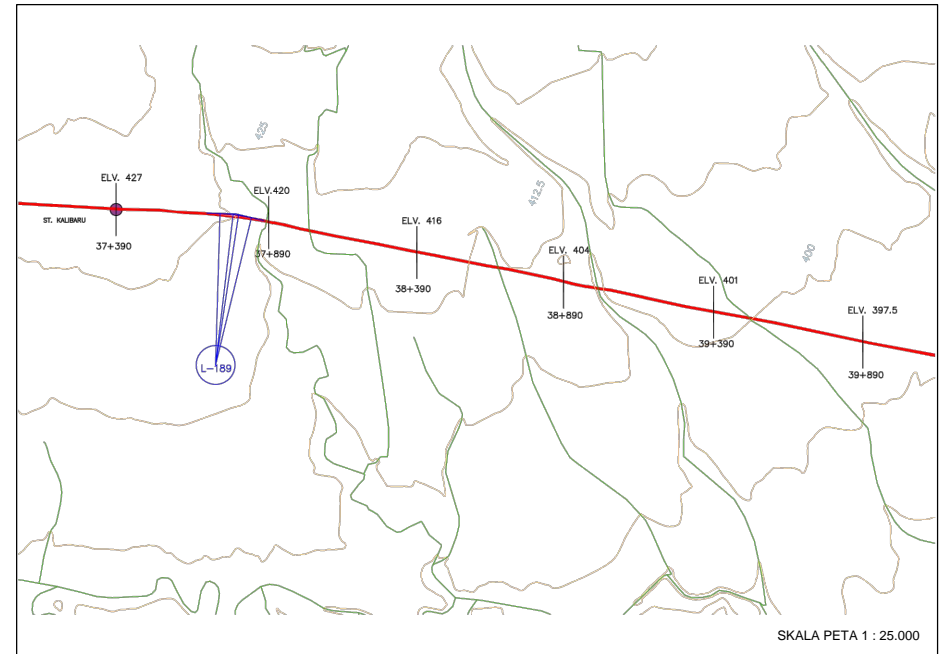
Sample No.			1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
Sample Depth (m)			- 4	-8	- 12	- 16	- 20
Physical Properties	Unit weight	γ_t (%)	1.991	2.037	2.090	*	*
	Dry unit weight	γ_d (%)	1.734	1.797	1.863	*	*
	Water content	W_c (%)	14.83	13.38	12.21	*	*
	Degree of Saturation	S_r (%)	68.2	100.0	100.0	*	*
	Porosity	n (%)	37.7	36.9	35.7	*	*
	Void Ratio	e	0.606	0.584	0.556	*	*
	Specific Gravity	G_s	2.784	2.846	2.898	*	*
Visual soil description		Pasir Berkerikil Berbatu	Pasir Berkerikil Berbatu	Pasir Berkerikil Berbatu	Batuan Karang	Batuan Karang	
Atterberg Limit	Liquid limit, (LL)	%	NP	NP	NP	NP	NP
	Plastic limit, (PL)	%	NP	NP	NP	NP	NP
	Plastic Index, (PI)	%	NP	NP	NP	NP	NP
Grain Size Distribution	Gravel	(%)	*	*	*	*	*
	Sand	(%)	*	*	*	*	*
	Silt	(%)	*	*	*	*	*
	Clay	(%)	*	*	*	*	*
	Max. diameter	(mm)	*	*	*	*	*
	Diam. at 60%	(mm)	*	*	*	*	*
	Diam. at 10%	(mm)	*	*	*	*	*
Unconfined Compression Test	Peak Deviator Stress, q_u	(kg/cm2)	*	*	*	*	*
	Undisturbed Cohession, C_u	(kg/cm2)	*	*	*	*	*
	Modulus Elasticity, E_{50}	(kg/cm2)	*	*	*	*	*
	Strain at failure	(%)	*	*	*	*	*
Triaxial Test	Friction Angle	(degree)	*	*	*	*	*
	Cohesion Intercept	(kg/cm2)	*	*	*	*	*
	Drainage condition		*	*	*	*	*
Direct Shear Test	Friction Angle	(degree)	35.56	38.09	39.31	*	*
	Cohesion Intercept	(kg/cm2)	0.001	0.004	0.006	*	*
Lab. Vane Shear Test	Shear Undrained, S_u	(kPa)	*	*	*	*	*
	Shear Undrained, S_u	(kg/cm2)	*	*	*	*	*
Consolidation Test	Preconsolidation Pressure	(kg/cm2)	*	*	*	*	*
	Compression Index, C_c		*	*	*	*	*

Remarks :

* : Not tested NP = Non Plastis

DATA TIKUNGAN L-189

R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 12^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 17,92 m	Ts = 95,96 m
$\theta_s = 4,97^\circ$	E = 3,38 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-190

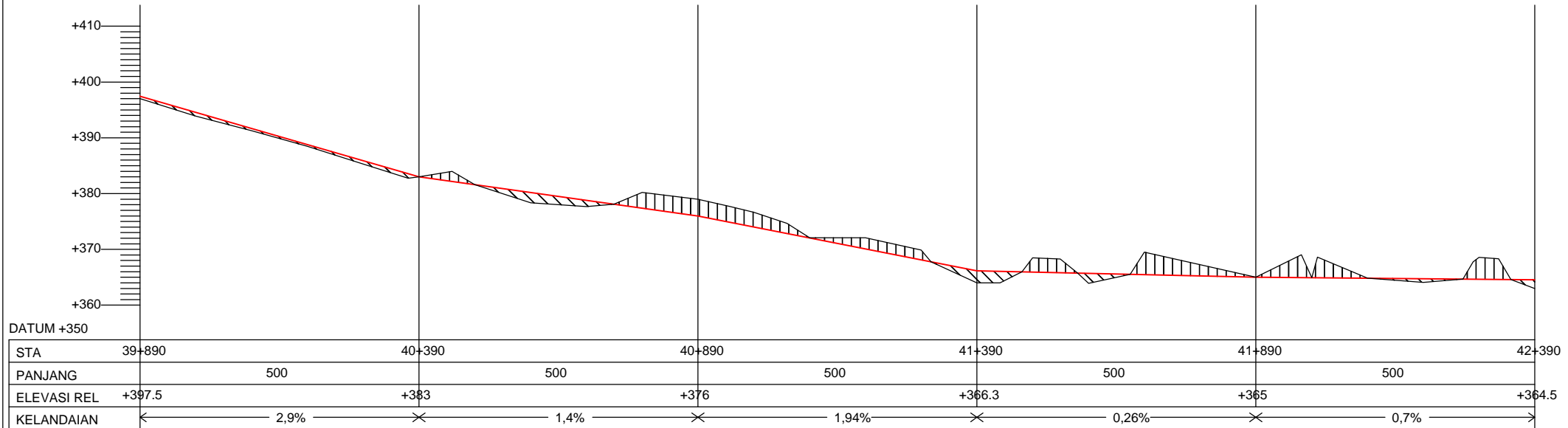
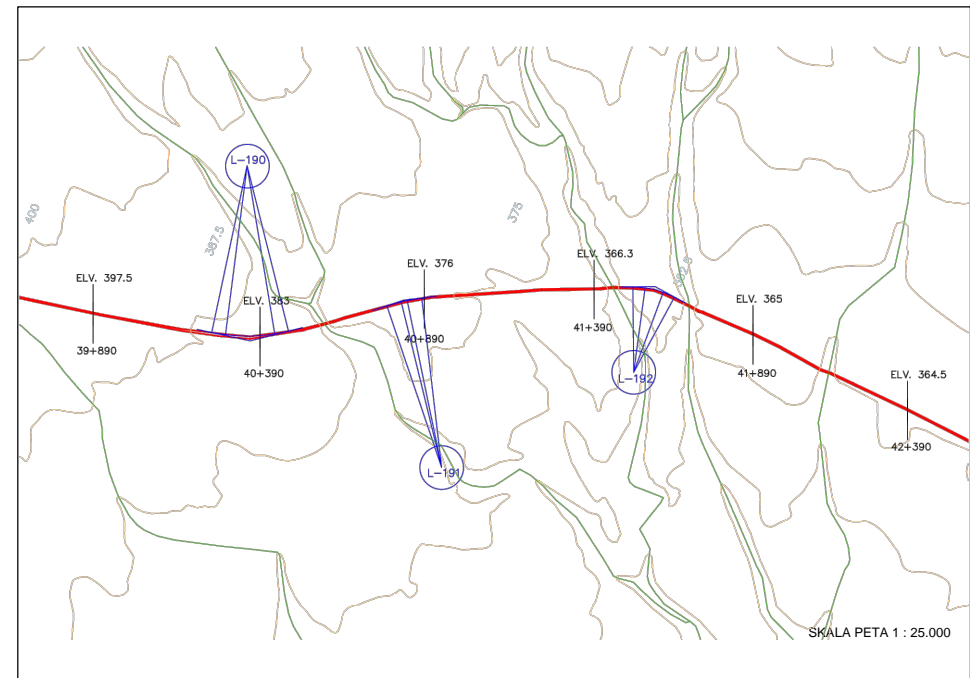
R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 26^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 140,03 m	Ts = 158,92 m
$\theta_s = 4,97^\circ$	E = 13,79 m

DATA TIKUNGAN L-192

R = 250 m	Xs = 71,43 m
$\Delta = 29^\circ$	Ys = 3,24 m
h = 106,84 m	k = 35,75 m
Lh = 71,58 m	p = 0,86 m
Lc = 54,89 m	Ts = 100,62 m
$\theta_s = 8,21^\circ$	E = 9,11 m

DATA TIKUNGAN L-191

R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 12^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 17,92 m	Ts = 95,96 m
$\theta_s = 4,97^\circ$	E = 3,38 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDEHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001
AMALIA FIRDAUS M, ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

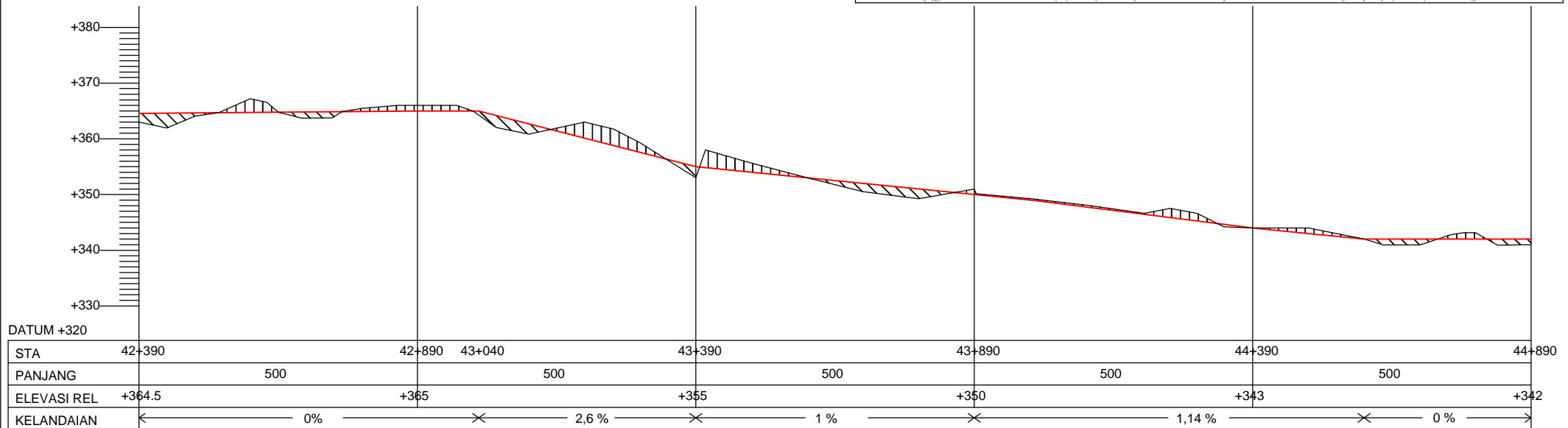
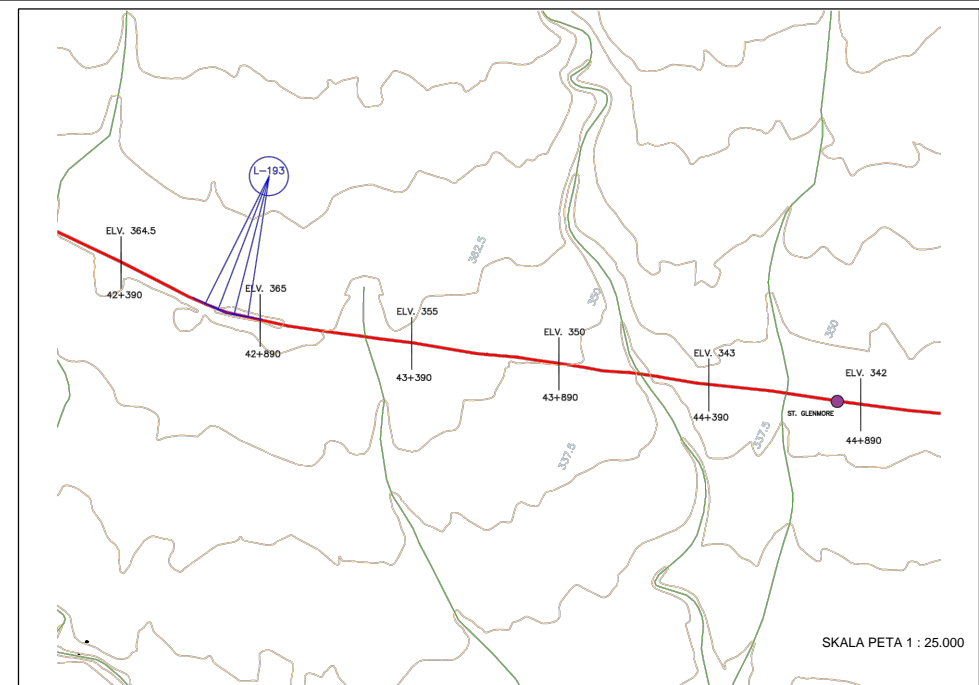
POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-193

R = 470 m	Xs = 92,2 m
$\Delta = 18^\circ$	Ys = 3,02 m
h = 102,5 m	k = 46,11 m
Lh = 92,29 m	p = 0,75 m
Lc = 55,29 m	Ts = 120,67 m
$\theta_s = 5,628^\circ$	E = 6,62 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

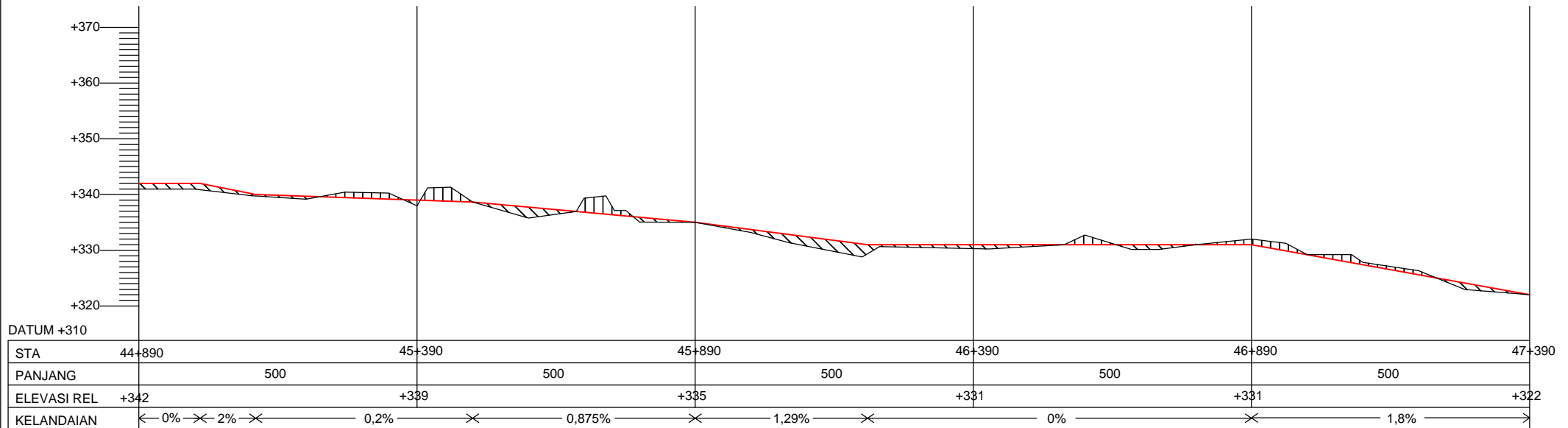
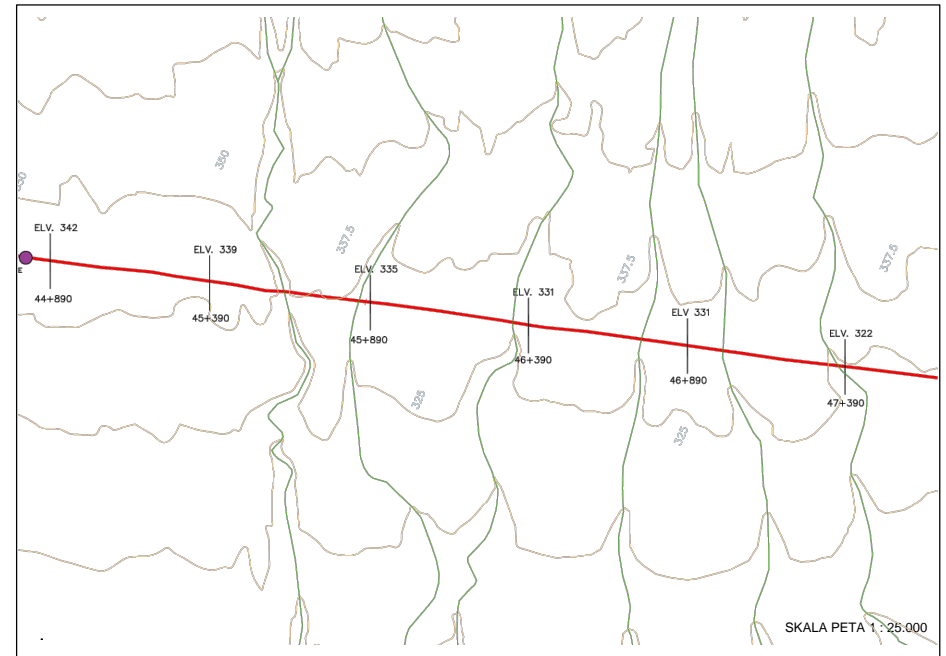
DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

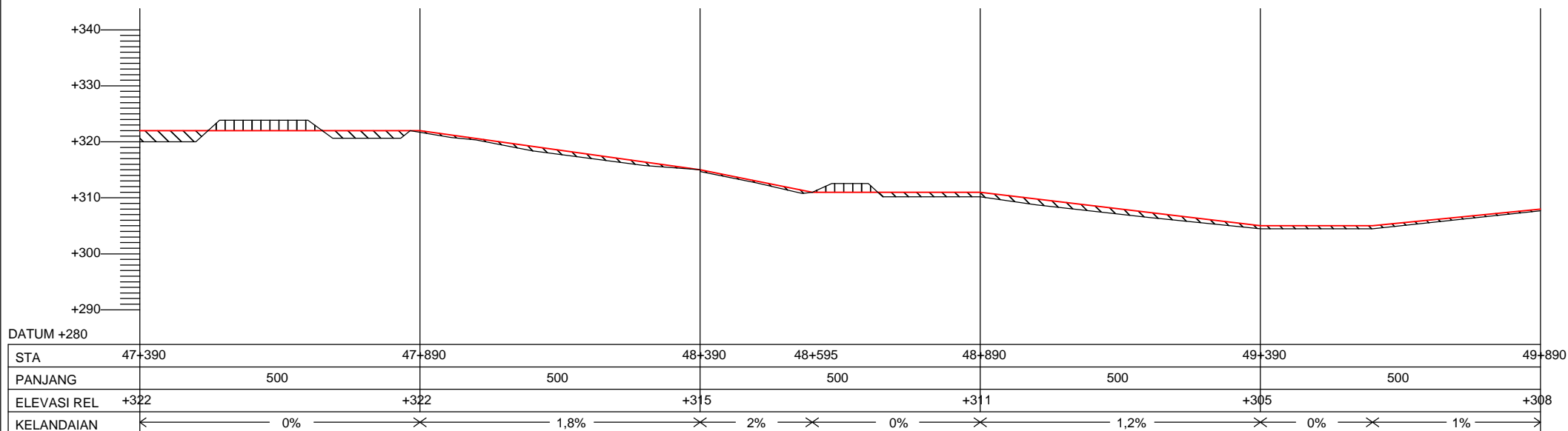
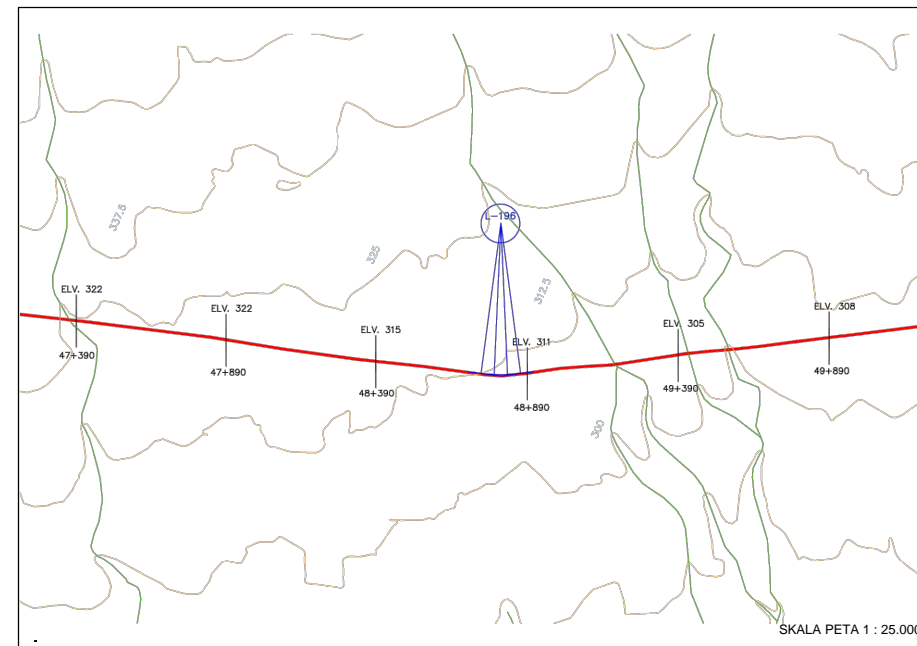
POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-196

R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 18^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 44,08 m	Ts = 109,25 m
$\theta_s = 4,97^\circ$	E = 4,95 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

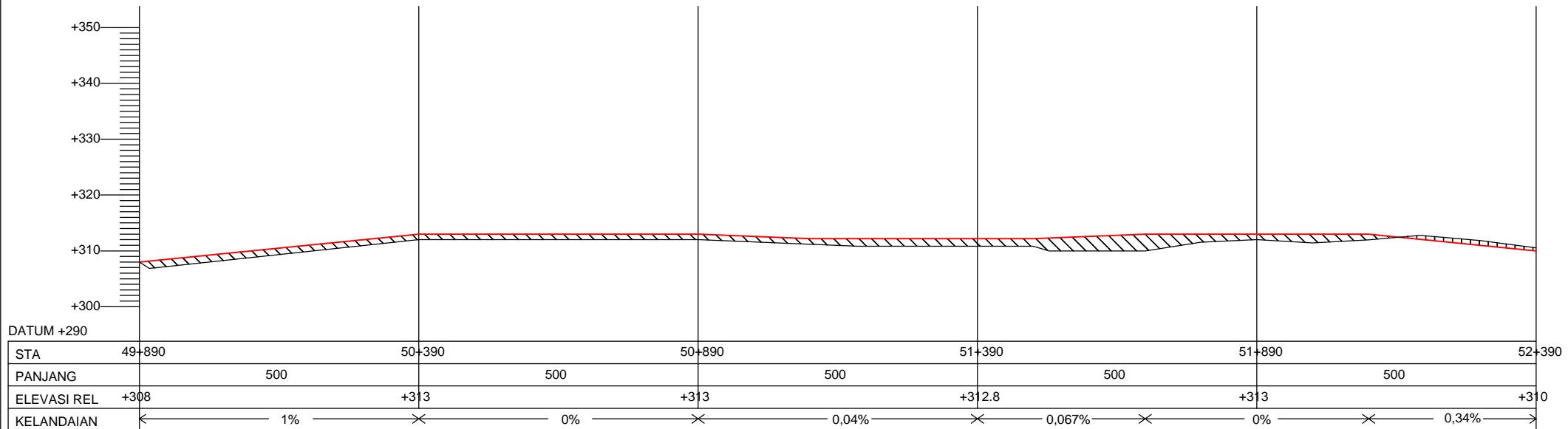
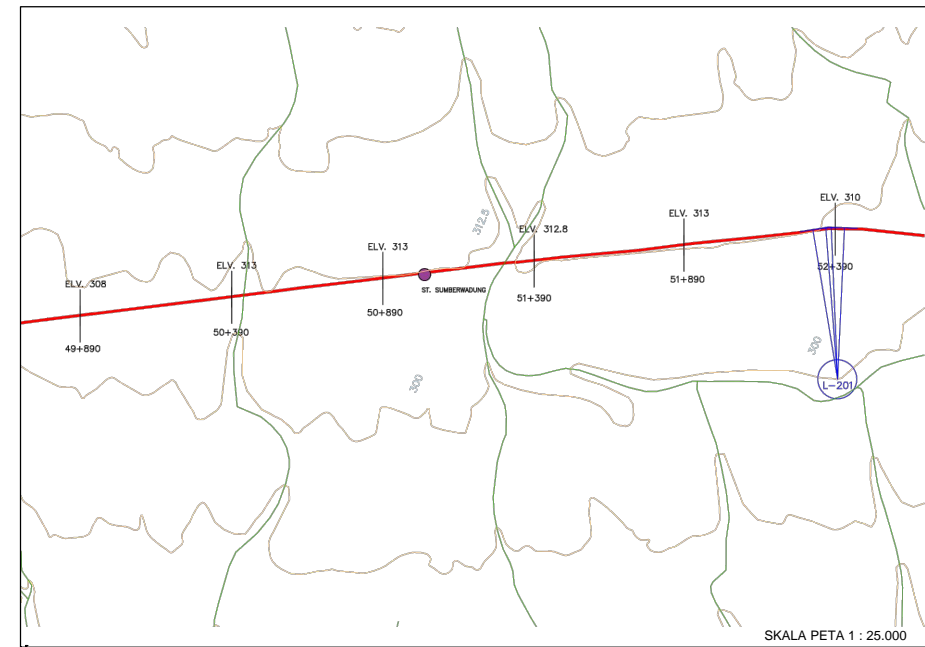
POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-201

R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 12^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 17,92 m	Ts = 95,96 m
$\theta_s = 4,97^\circ$	E = 3,38 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

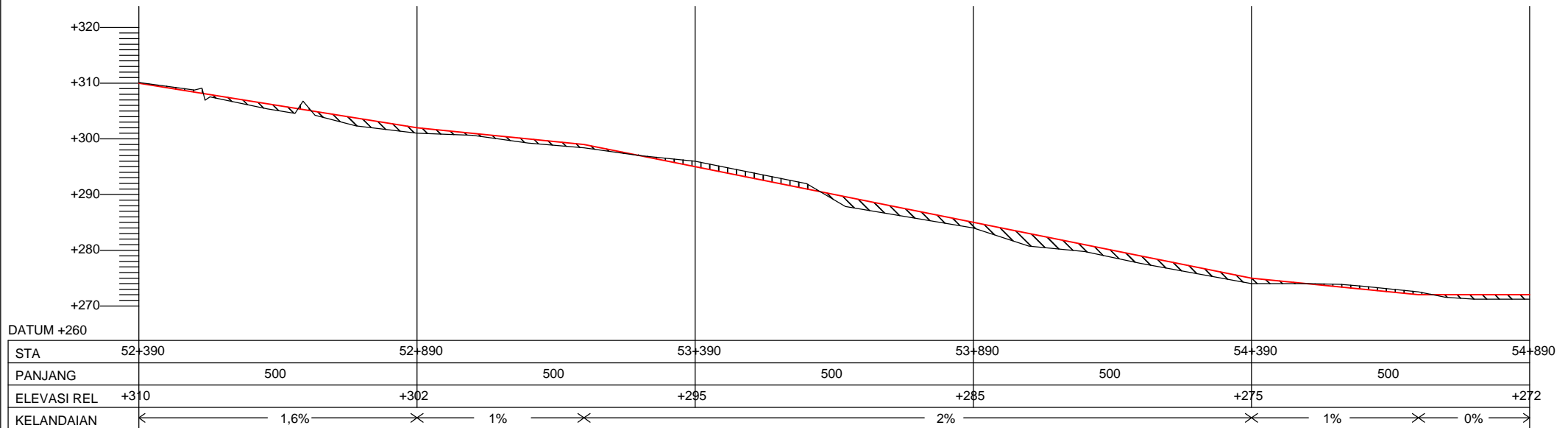
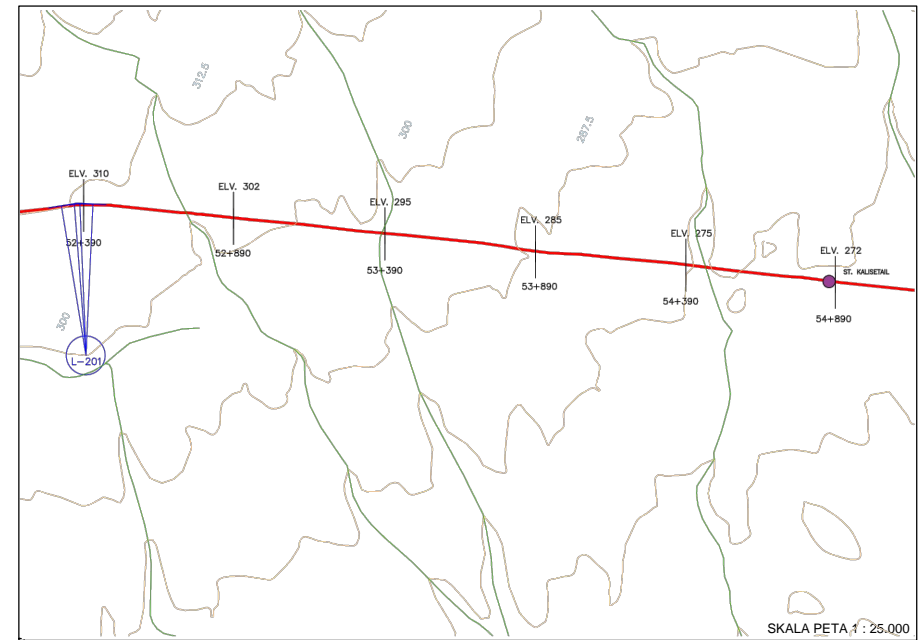
POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-201

R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 12^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 17,92 m	Ts = 95,96 m
$\theta_s = 4,97^\circ$	E = 3,38 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-202

R = 300 m	Xs = 80,23 m
$\Delta = 17^\circ$	Ys = 3,59 m
h = 108,6 m	k = 40,14 m
Lh = 80,37 m	p = 0,9 m
Lc = 8,6 m	Ts = 85,11 m
$\theta_s = 7,679^\circ$	E = 4,24 m

DATA TIKUNGAN L-203

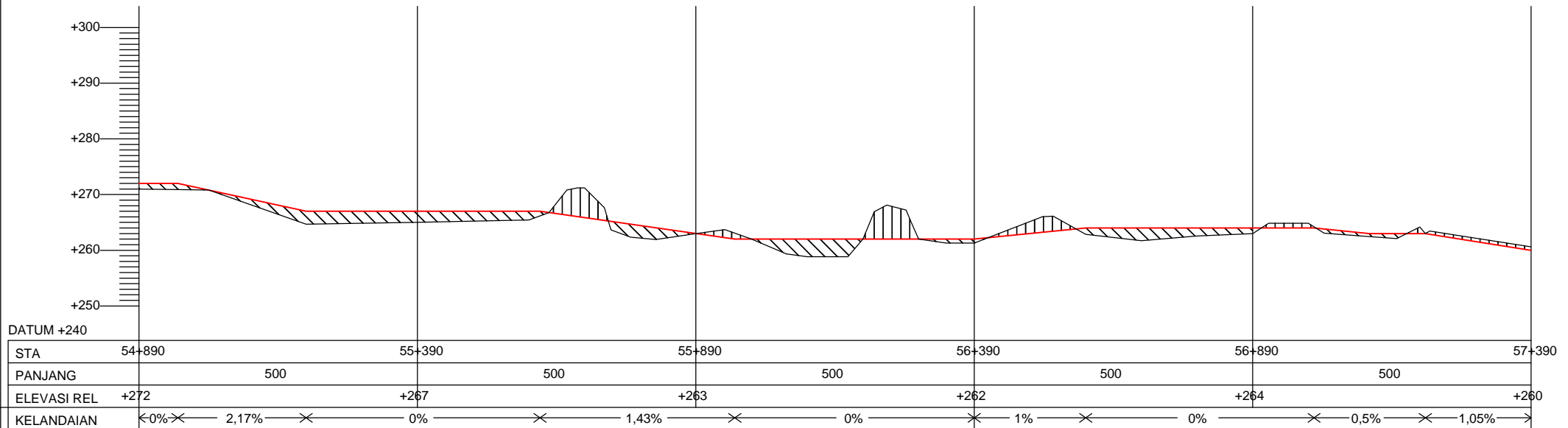
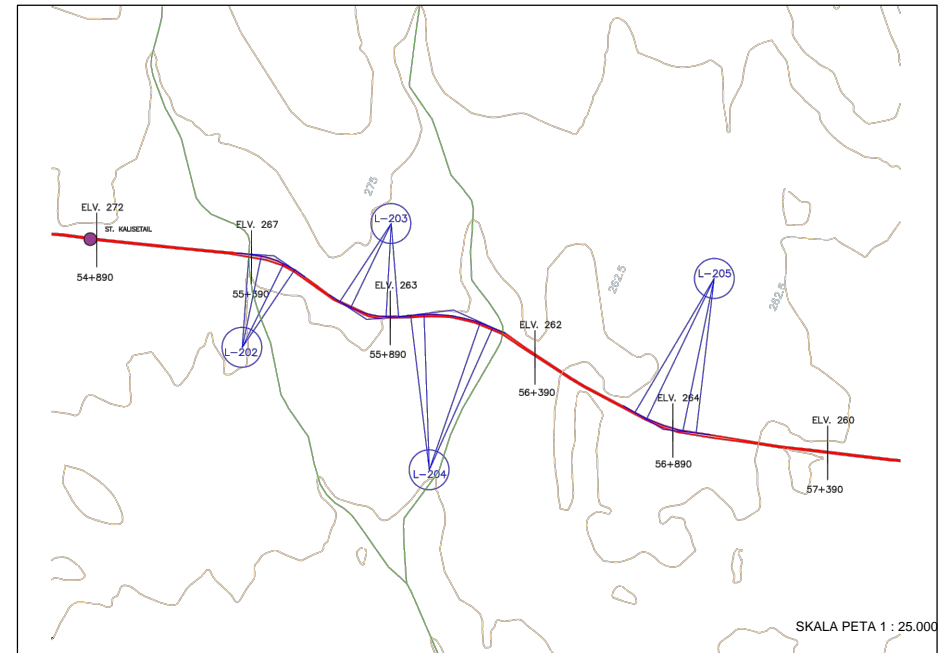
R = 300 m	Xs = 80,23 m
$\Delta = 38^\circ$	Ys = 3,59 m
h = 108,6 m	k = 40,14 m
Lh = 80,37 m	p = 0,9 m
Lc = 118,5 m	Ts = 143,75 m
$\theta_s = 7,679^\circ$	E = 18,24 m

DATA TIKUNGAN L-204

R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 31^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 183,64 m	Ts = 182,18 m
$\theta_s = 4,973^\circ$	E = 19,52 m

DATA TIKUNGAN L-205

R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 24^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 122,58 m	Ts = 149,75 m
$\theta_s = 4,973^\circ$	E = 11,81 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

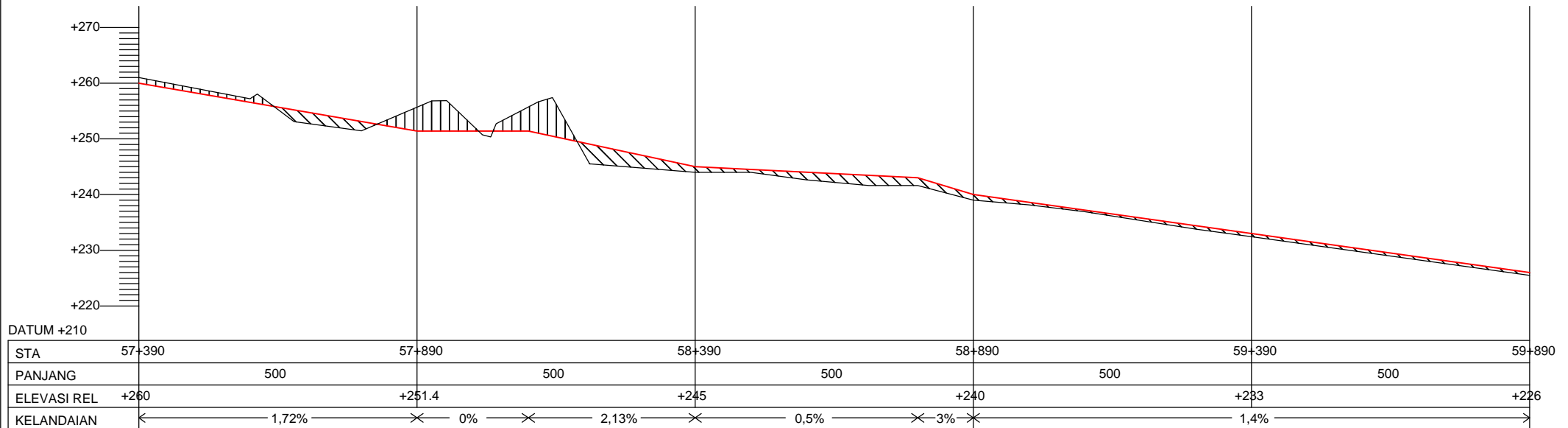
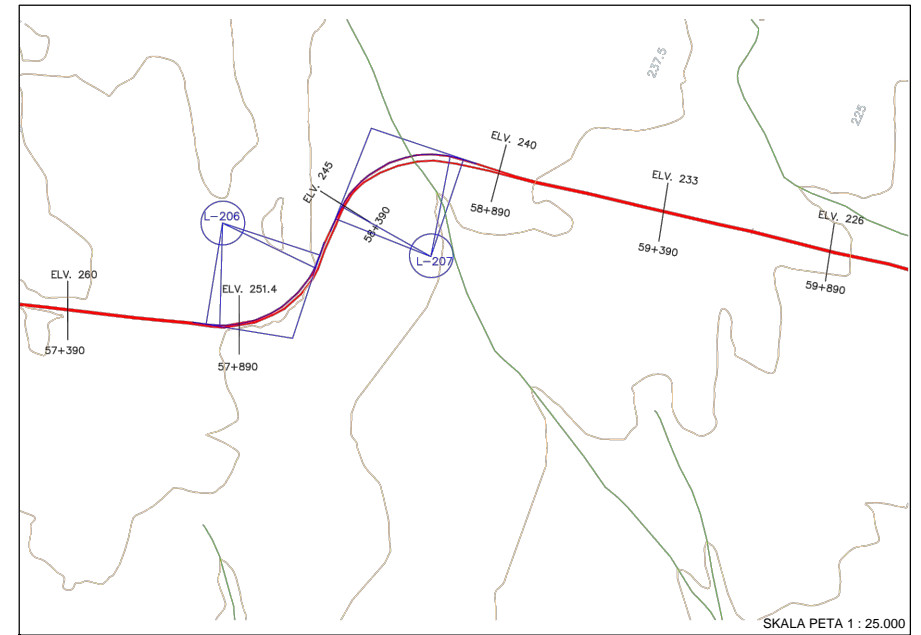
SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-206

R = 300 m	Xs = 80,23 m
$\Delta = 81^\circ$	Ys = 3,59 m
h = 108,6 m	k = 40,14 m
Lh = 80,37 m	p = 0,9 m
Lc = 343,53 m	Ts = 297,13 m
$\theta_s = 7,679^\circ$	E = 95,71 m

DATA TIKUNGAN L-207

R = 300 m	Xs = 80,23 m
$\Delta = 87^\circ$	Ys = 3,59 m
h = 108,6 m	k = 40,14 m
Lh = 80,37 m	p = 0,9 m
Lc = 374,93 m	Ts = 325,68 m
$\theta_s = 7,679^\circ$	E = 114,82 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

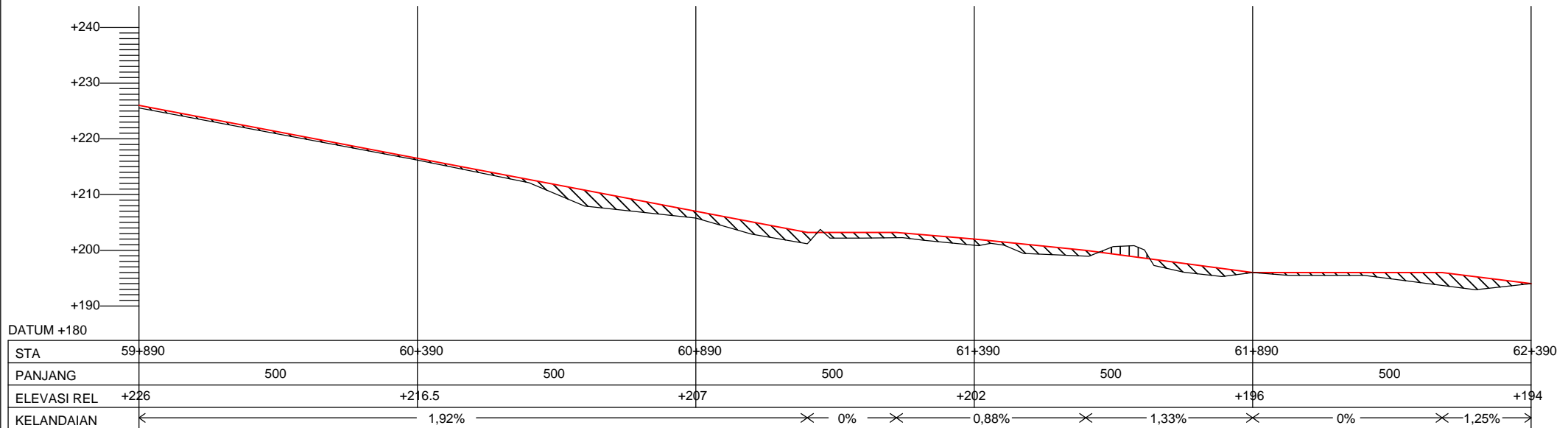
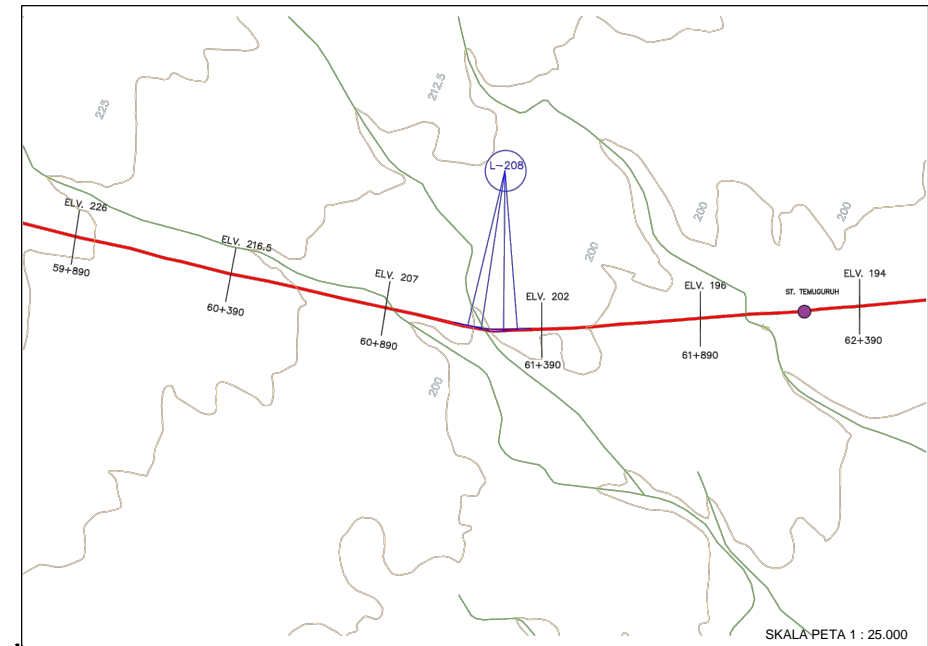
POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-208

$R = 500 \text{ m}$	$X_s = 86,69 \text{ m}$
$\Delta = 18^\circ$	$Y_s = 2,51 \text{ m}$
$h = 96,39 \text{ m}$	$k = 43,34 \text{ m}$
$L_h = 86,75 \text{ m}$	$p = 0,63 \text{ m}$
$L_c = 70,25 \text{ m}$	$T_s = 122,63 \text{ m}$
$\theta_s = 4,973^\circ$	$E = 6,87 \text{ m}$



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

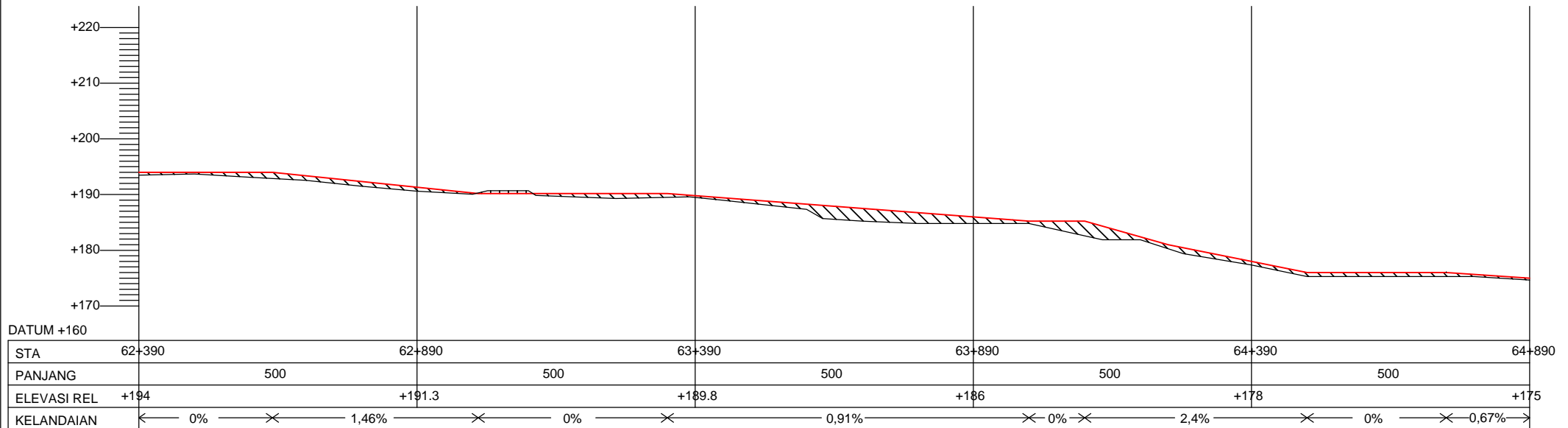
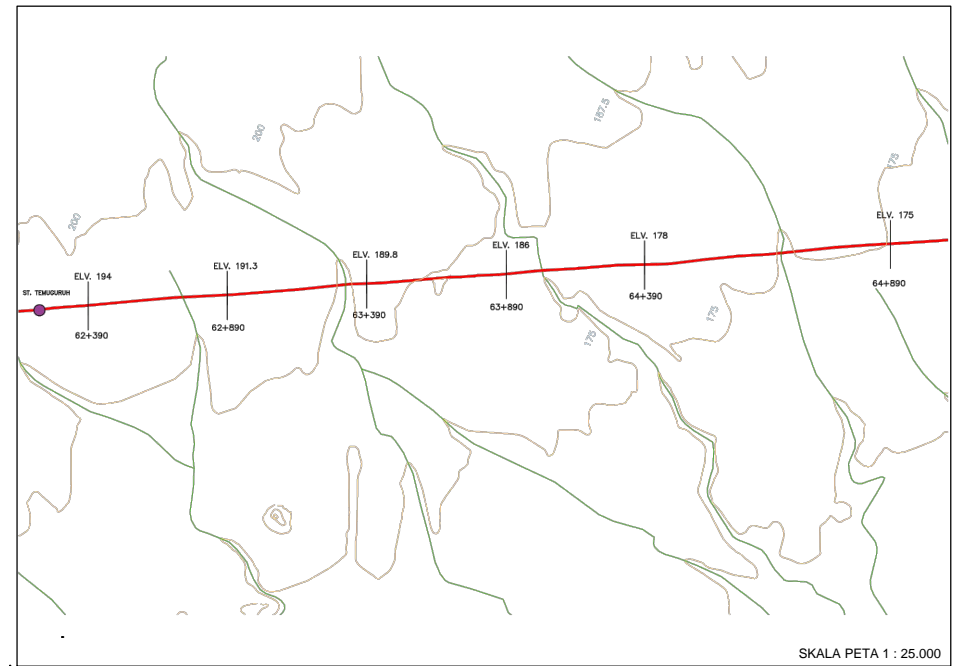
DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

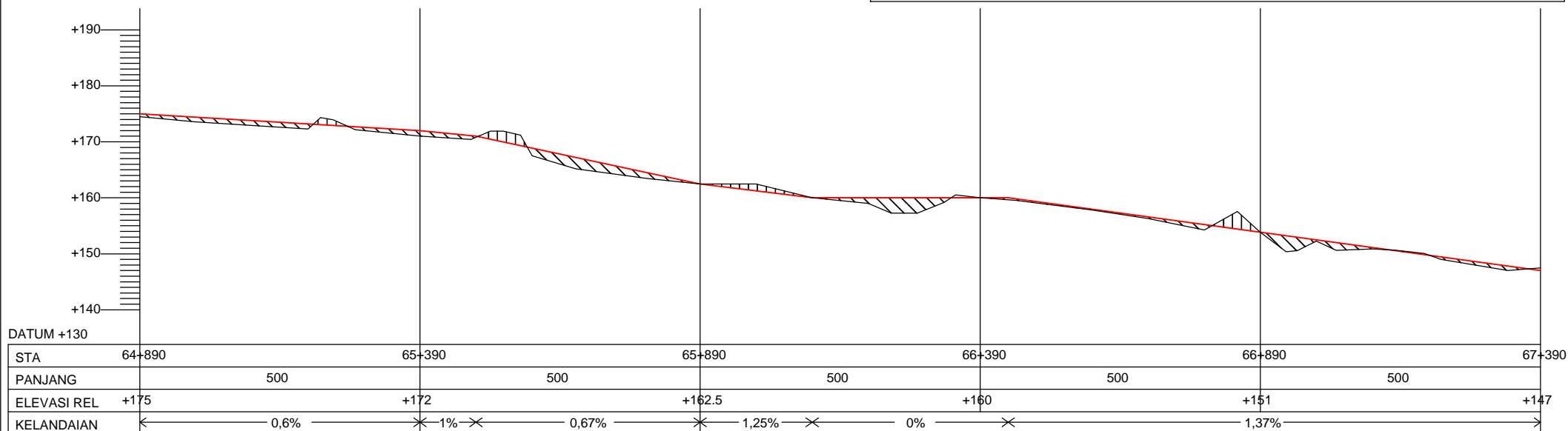
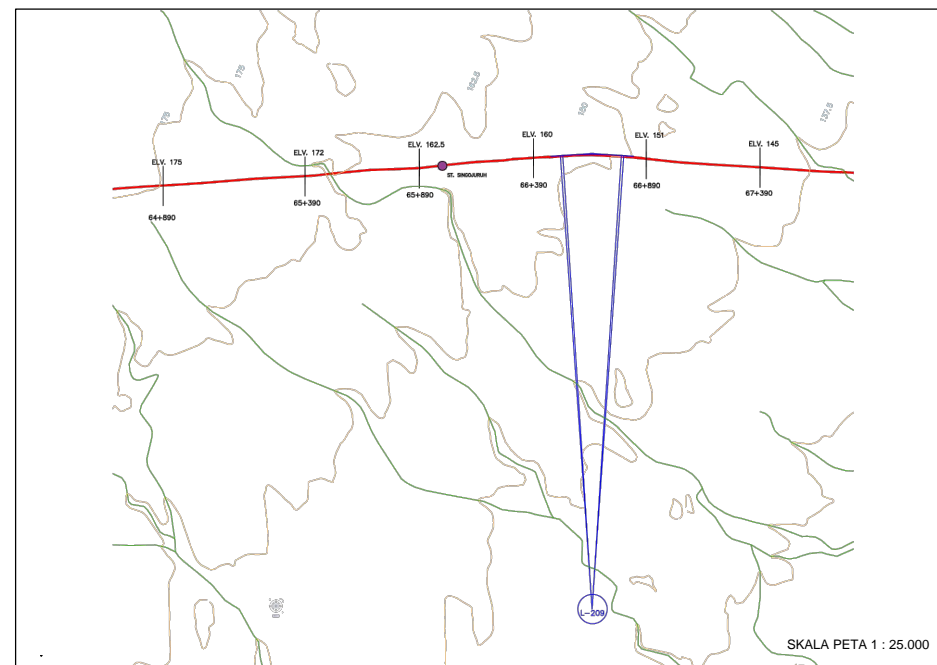
POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-209

R = 2000 m	Xs = 21,69 m
$\Delta = 8^\circ$	Ys = 0,04 m
h = 24,1 m	k = 10,84 m
Lh = 21,69 m	p = 0,01 m
Lc = 257,42 m	Ts = 150,69 m
$\theta_s = 0,311^\circ$	E = 4,89 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

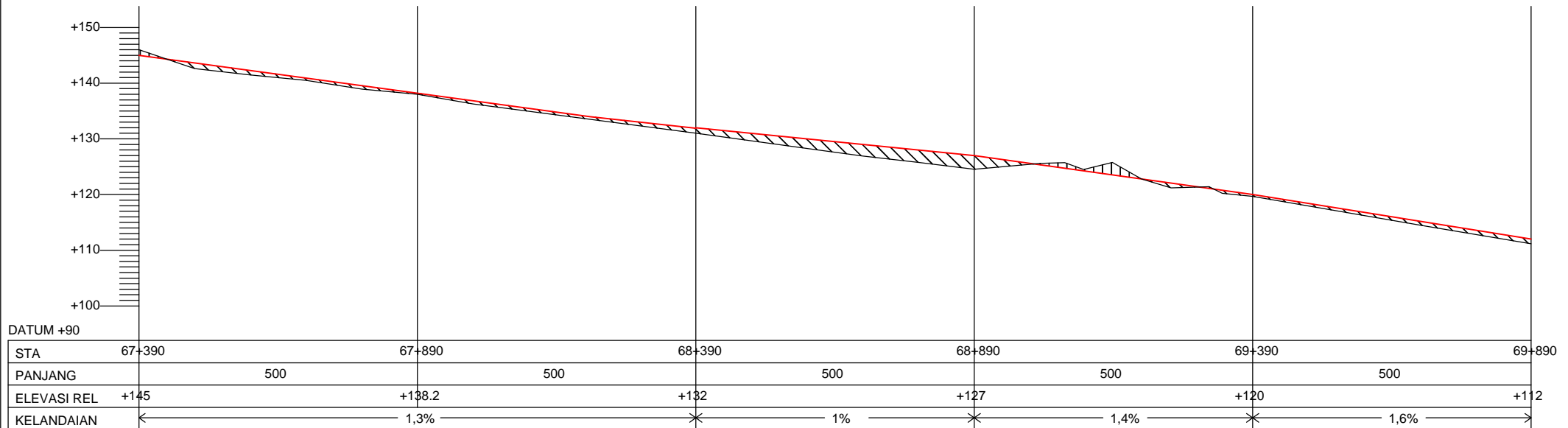
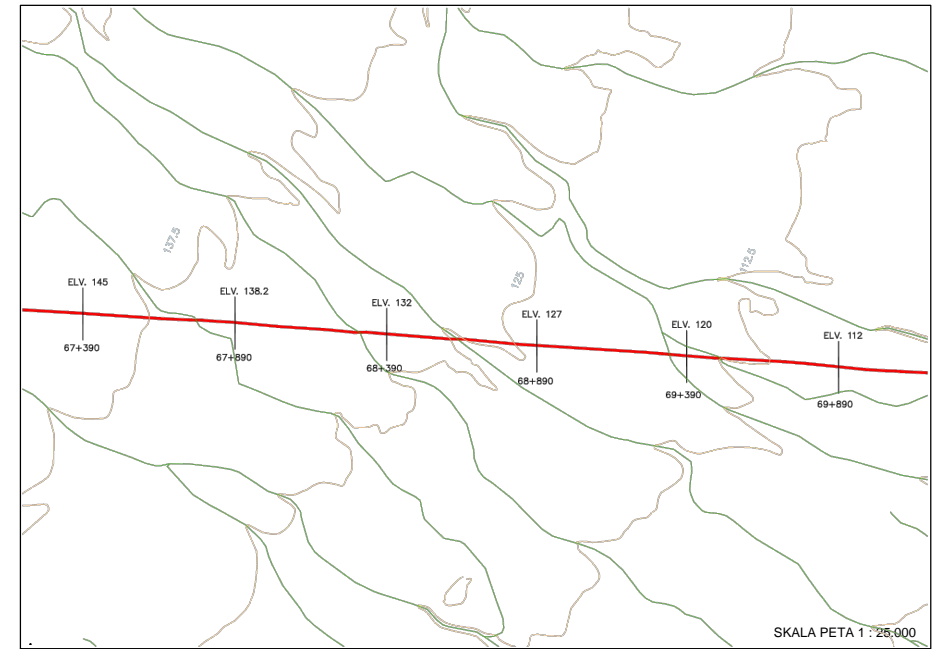
DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

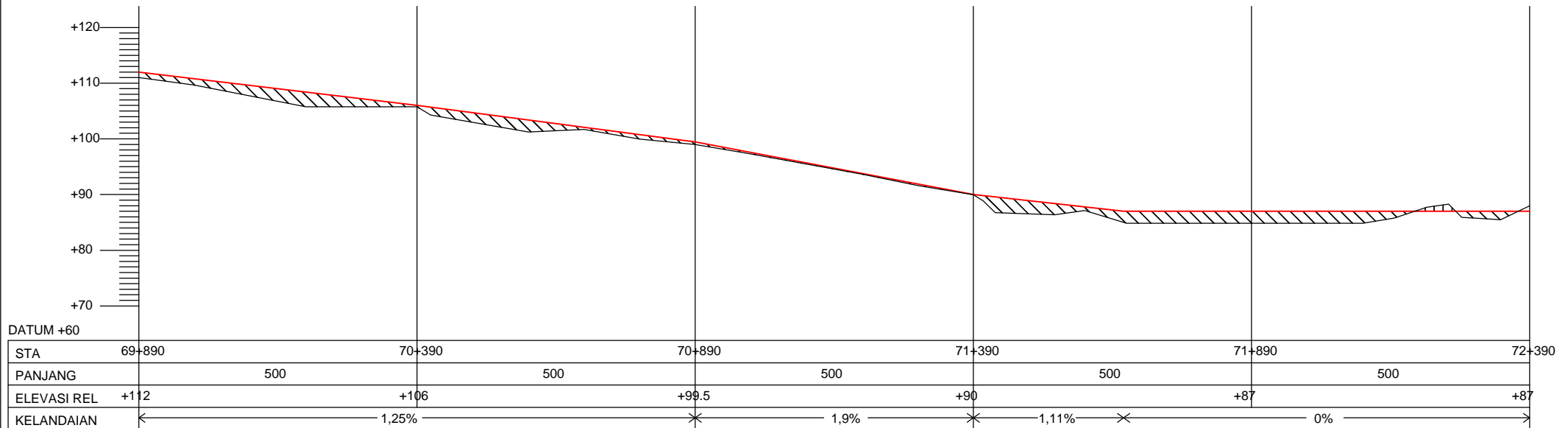
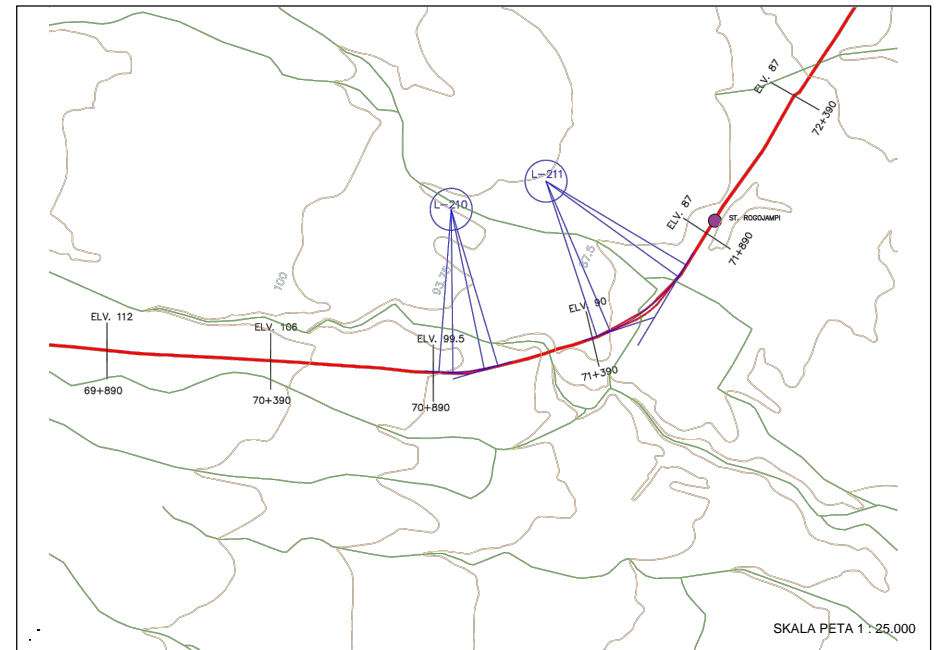
SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-210

R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 21^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 96,42 m	Ts = 136,13 m
$\theta_s = 4,973^\circ$	E = 9,15 m

DATA TIKUNGAN L-211

R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 41^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 270,86 m	Ts = 230,52 m
$\theta_s = 4,973^\circ$	E = 34,47 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-212

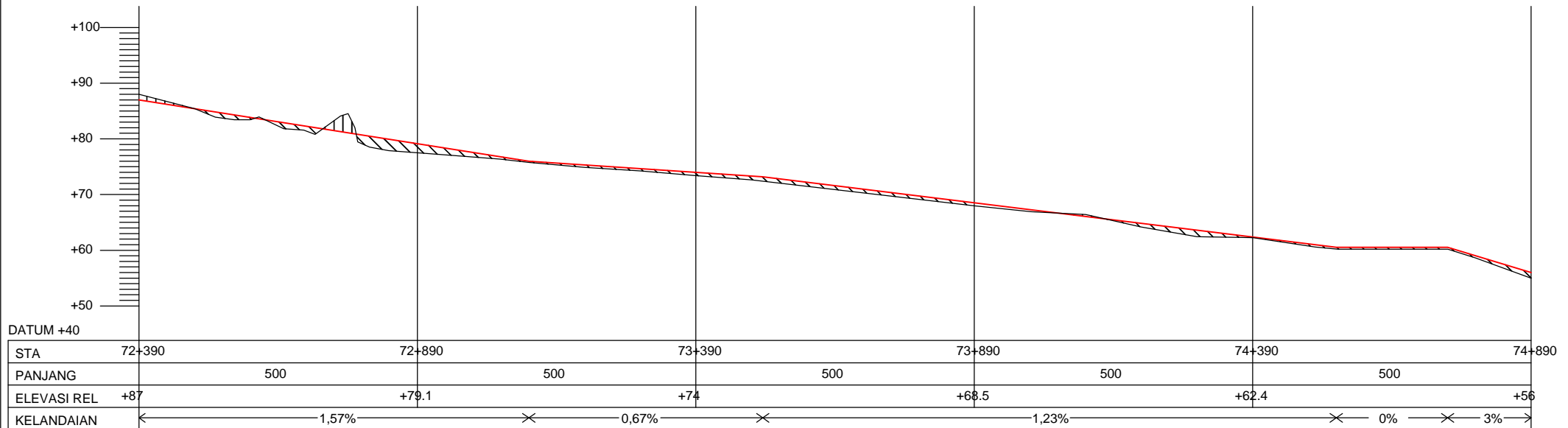
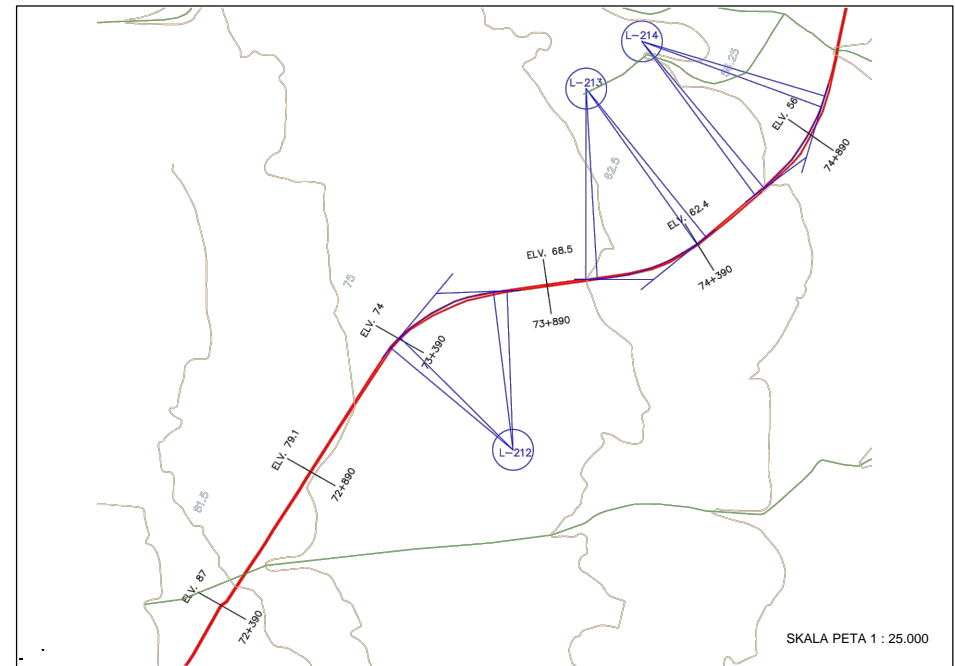
R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 48^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 331,92 m	Ts = 266,24 m
$\theta_s = 4,973^\circ$	E = 48 m

DATA TIKUNGAN L-213

R = 600 m	Xs = 72,27 m
$\Delta = 39^\circ$	Ys = 1,45 m
h = 80,33 m	k = 36,12 m
Lh = 72,29 m	p = 0,36 m
Lc = 335,91 m	Ts = 248,72 m
$\theta_s = 3,453^\circ$	E = 36,89 m

DATA TIKUNGAN L-214

R = 600 m	Xs = 72,27 m
$\Delta = 37^\circ$	Ys = 1,45 m
h = 80,33 m	k = 36,12 m
Lh = 72,29 m	p = 0,36 m
Lc = 314,97 m	Ts = 237 m
$\theta_s = 3,453^\circ$	E = 33,08 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

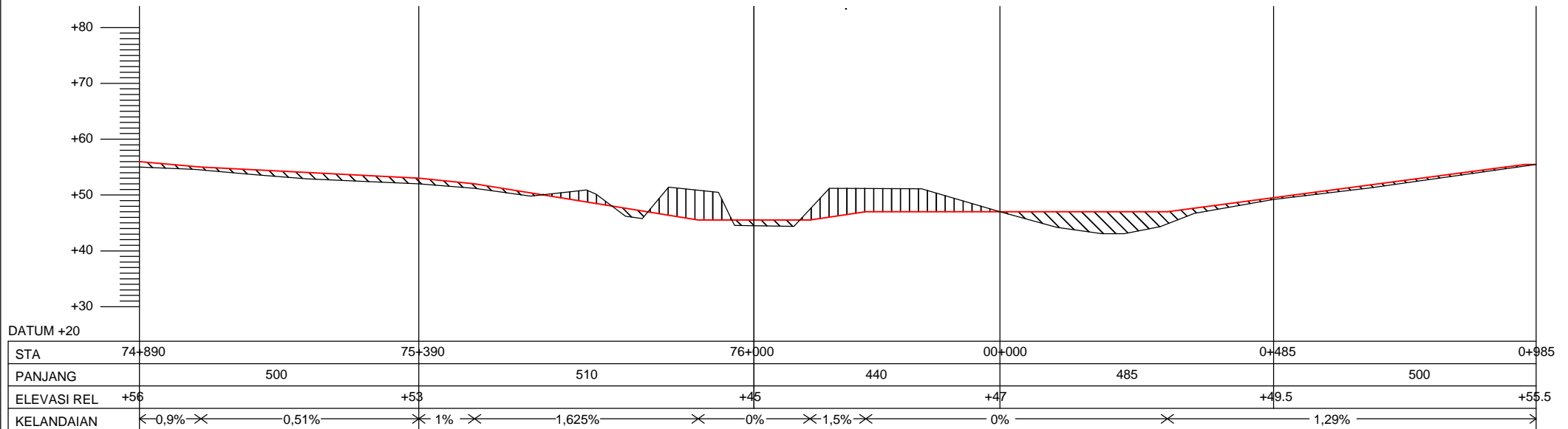
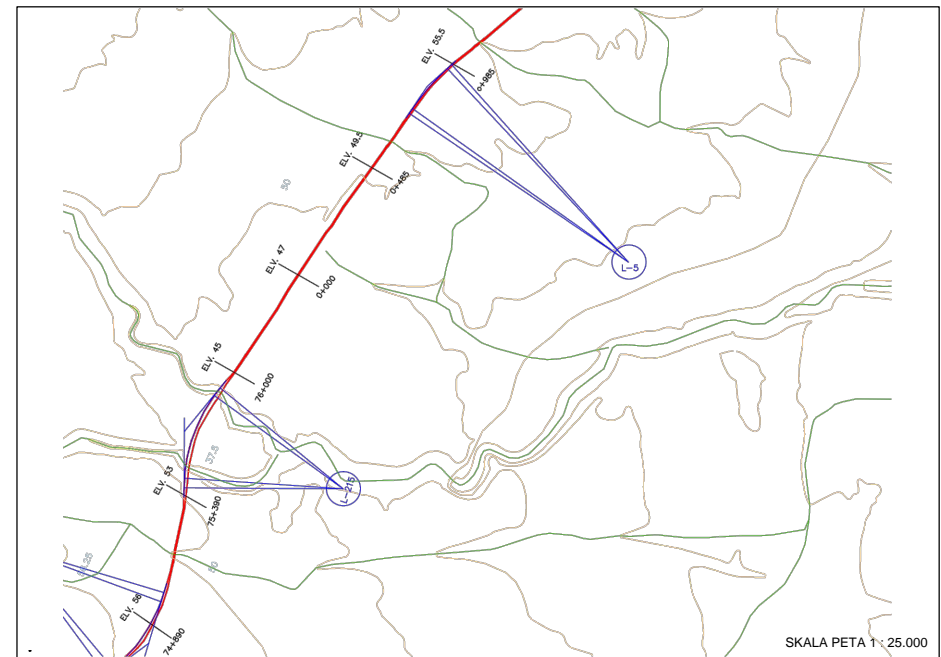
SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-215

R = 400 m	Xs = 94,48 m
$\Delta = 25^\circ$	Ys = 3,73 m
h = 110 m	k = 47,26 m
Lh = 94,61 m	p = 0,93 m
Lc = 79,83 m	Ts = 136,15 m
$\theta_s = 6,78^\circ$	E = 10,67 m

DATA TIKUNGAN L-5

R = 1000 m	Xs = 43,37 m
$\Delta = 14^\circ$	Ys = 0,31 m
h = 48,2 m	k = 21,68 m
Lh = 43,38 m	p = 0,08 m
Lc = 200,85 m	Ts = 144,47 m
$\theta_s = 1,243^\circ$	E = 7,59 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-6

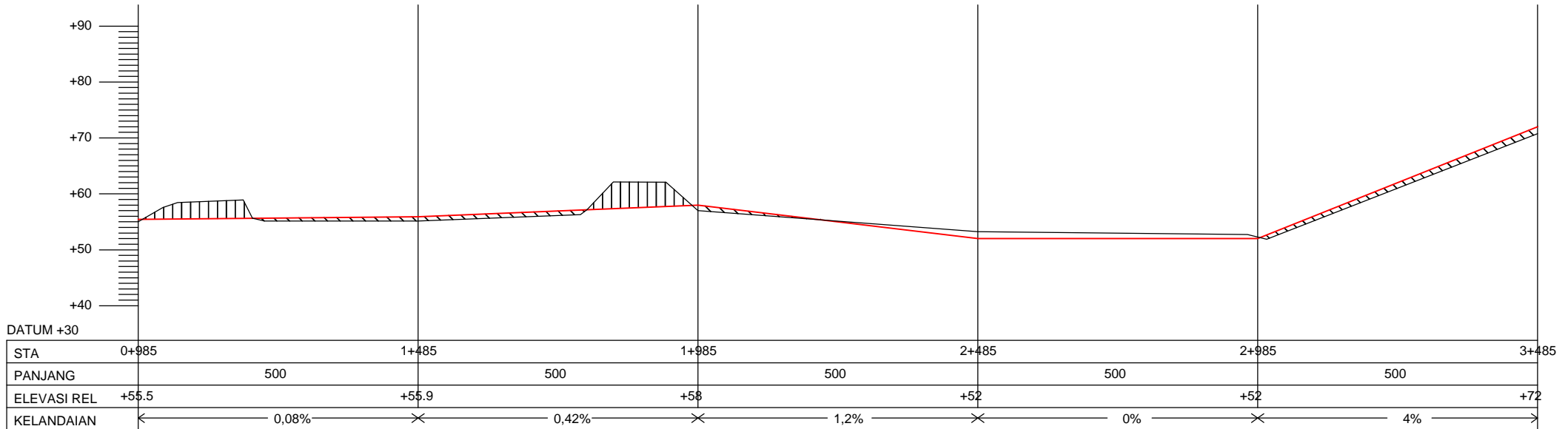
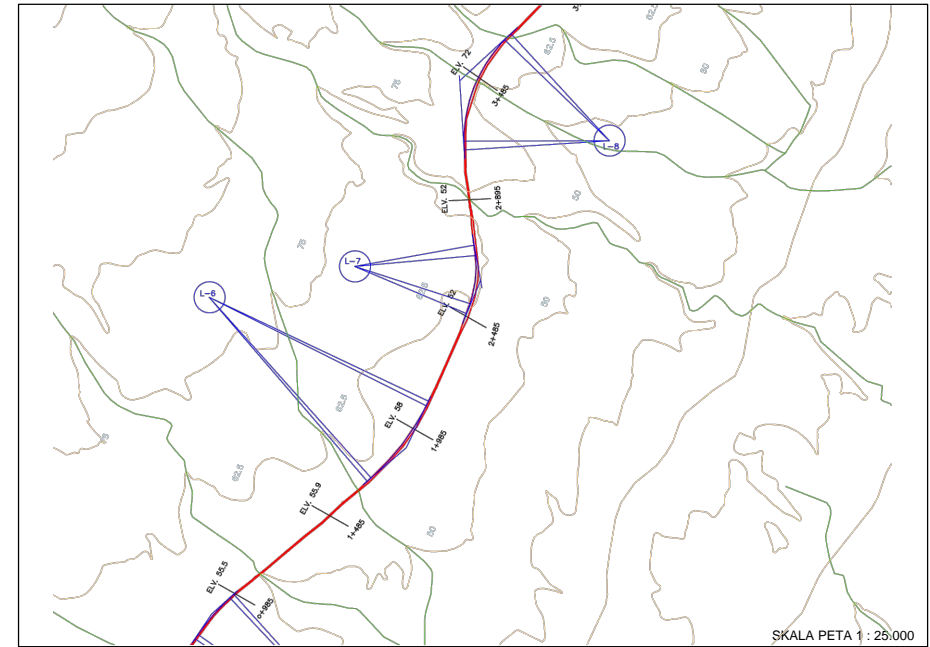
R = 1000 m	Xs = 43,37 m
$\Delta = 24^\circ$	Ys = 0,31 m
h = 48,2 m	k = 21,68 m
Lh = 43,38 m	p = 0,08 m
Lc = 375,29 m	Ts = 234,25 m
$\theta_s = 1,243^\circ$	E = 22,42 m

DATA TIKUNGAN L-7

R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 33^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 201,08 m	Ts = 191,63 m
$\theta_s = 4,973^\circ$	E = 22,13 m

DATA TIKUNGAN L-8

R = 600 m	Xs = 72,27 m
$\Delta = 51^\circ$	Ys = 1,45 m
h = 80,33 m	k = 36,12 m
Lh = 72,29 m	p = 0,36 m
Lc = 461,51 m	Ts = 322,48 m
$\theta_s = 3,453^\circ$	E = 65,16 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-9

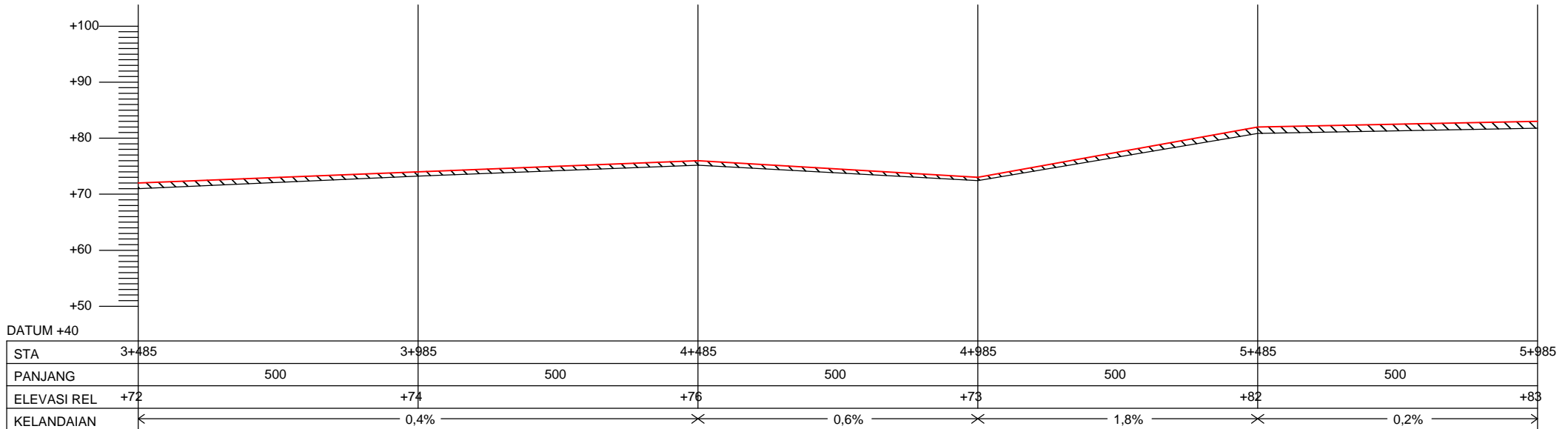
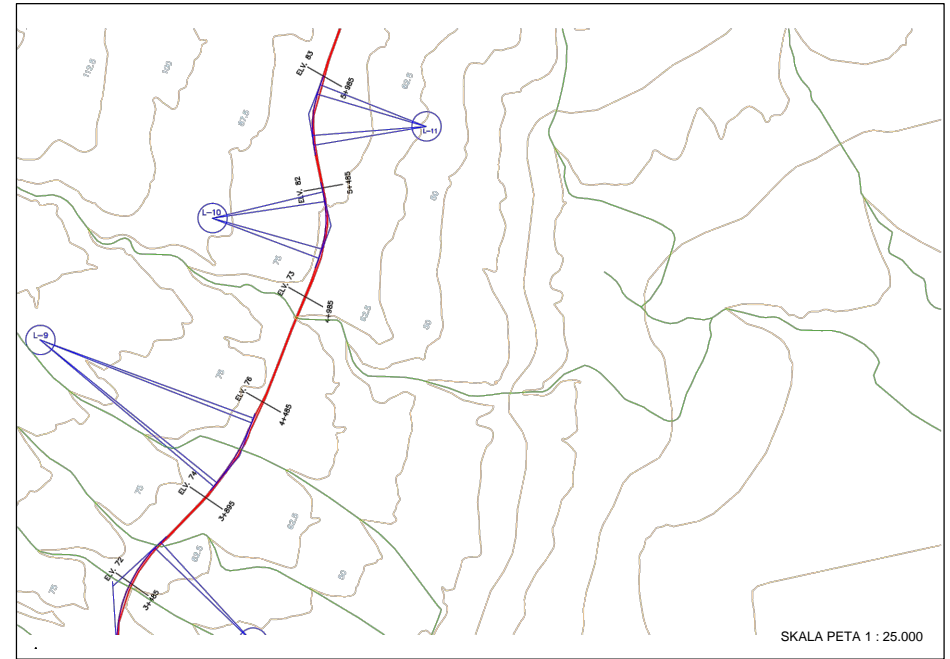
R = 1000 m	Xs = 43,37 m
$\Delta = 20^\circ$	Ys = 0,31 m
h = 48,2 m	k = 21,68 m
Lh = 43,38 m	p = 0,08 m
Lc = 305,51 m	Ts = 198,02 m
$\theta_s = 1,243^\circ$	E = 15,51 m

DATA TIKUNGAN L-10

R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 34^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 209,8 m	Ts = 196,4 m
$\theta_s = 4,973^\circ$	E = 23,5 m

DATA TIKUNGAN L-11

R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 31^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 183,64 m	Ts = 182,18 m
$\theta_s = 4,973^\circ$	E = 19,52 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-12

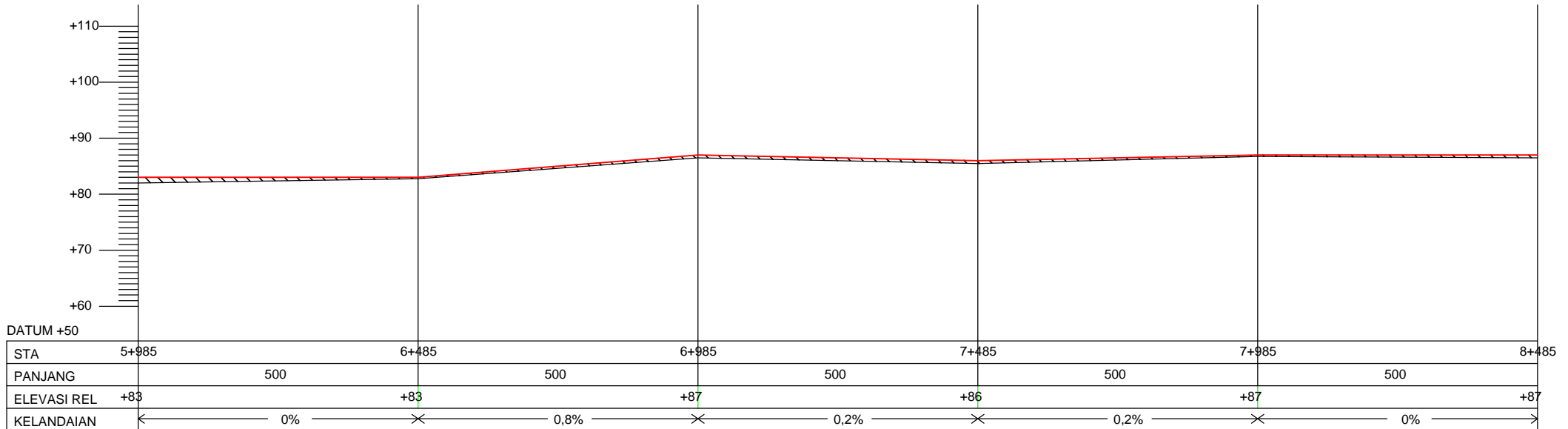
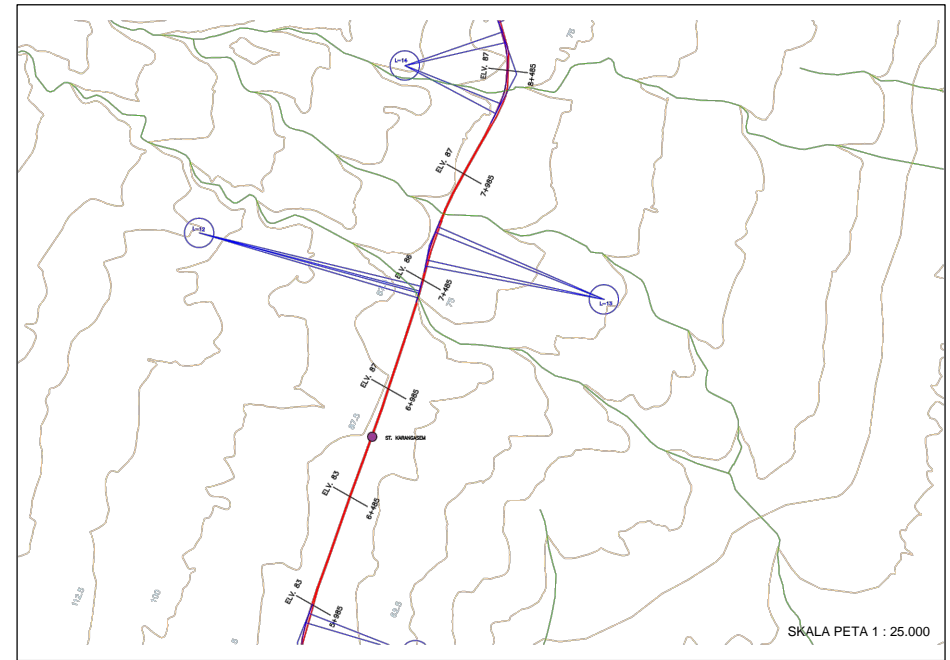
R = 1000 m	Xs = 43,37 m
$\Delta = 3^\circ$	Ys = 0,31 m
h = 48,2 m	k = 21,68 m
Lh = 43,38 m	p = 0,08 m
Lc = 8,96 m	Ts = 47,864 m
$\theta_s = 1,243^\circ$	E = 0,42 m

DATA TIKUNGAN L-13

R = 800 m	Xs = 54,21 m
$\Delta = 13^\circ$	Ys = 0,61 m
h = 60,24 m	k = 27,09 m
Lh = 54,22 m	p = 0,15 m
Lc = 127,2 m	Ts = 118,26 m
$\theta_s = 1,943^\circ$	E = 5,33 m

DATA TIKUNGAN L-14

R = 450 m	Xs = 96,28 m
$\Delta = 47^\circ$	Ys = 3,44 m
h = 107,1 m	k = 48,15 m
Lh = 96,39 m	p = 0,86 m
Lc = 272,56 m	Ts = 244,19 m
$\theta_s = 6,139^\circ$	E = 41,64 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-15

R = 450 m	Xs = 96,28 m
$\Delta = 70^\circ$	Ys = 3,44 m
h = 107,1 m	k = 48,15 m
Lh = 96,39 m	p = 0,86 m
Lc = 453,11 m	Ts = 363,85 m
$\theta_s = 6,139^\circ$	E = 100,4 m

DATA TIKUNGAN L-16

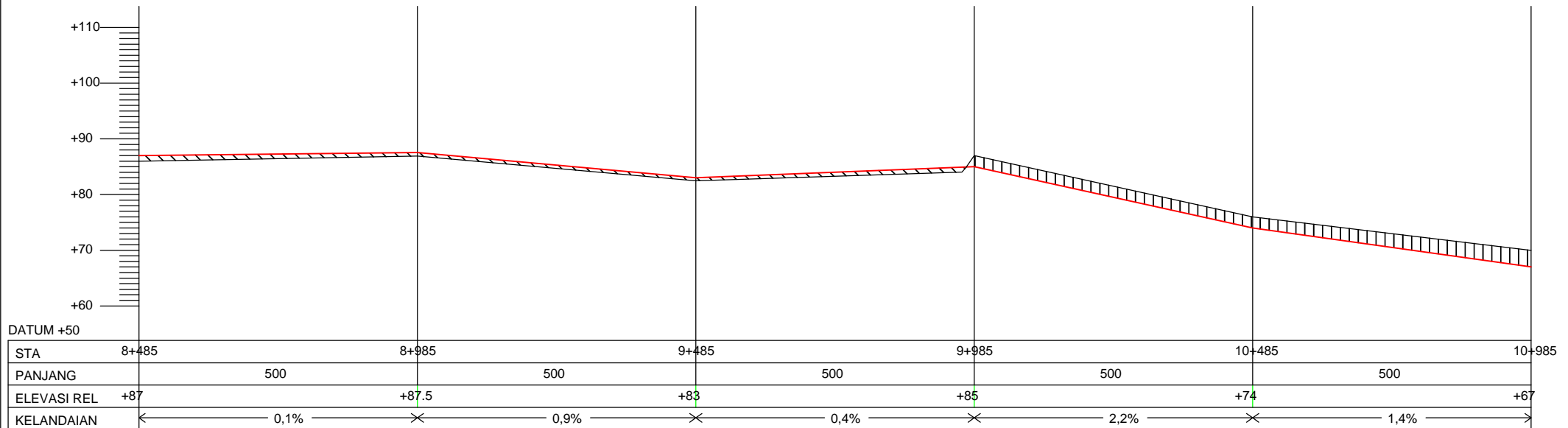
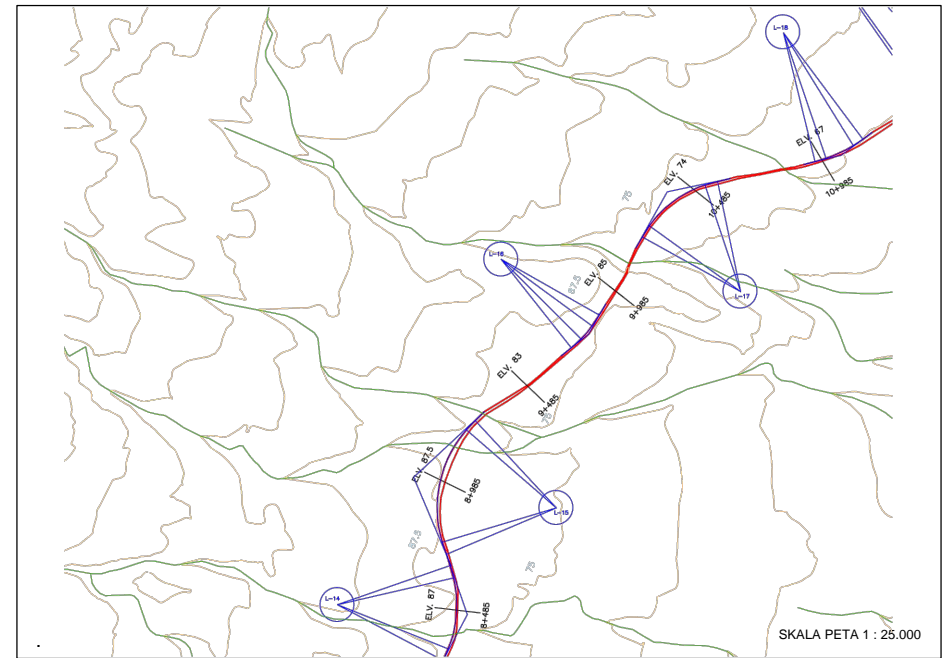
R = 425 m	Xs = 98,56 m
$\Delta = 22^\circ$	Ys = 3,82 m
h = 110,9 m	k = 49,3 m
Lh = 98,7 m	p = 0,96 m
Lc = 64,41 m	Ts = 132,1 m
$\theta_s = 6,656^\circ$	E = 8,93 m

DATA TIKUNGAN L-17

R = 425 m	Xs = 98,56 m
$\Delta = 49^\circ$	Ys = 3,82 m
h = 110,9 m	k = 49,3 m
Lh = 98,7 m	p = 0,96 m
Lc = 264,58 m	Ts = 243,42 m
$\theta_s = 6,656^\circ$	E = 43,1 m

DATA TIKUNGAN L-18

R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 23^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 113,86 m	Ts = 145,2 m
$\theta_s = 4,973^\circ$	E = 10,88 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-18

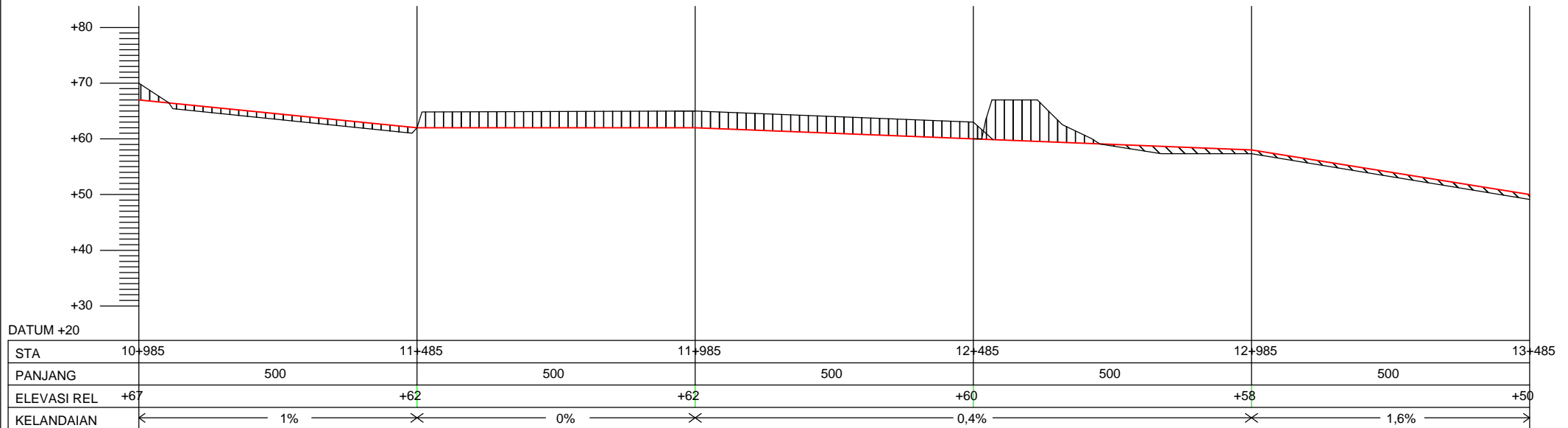
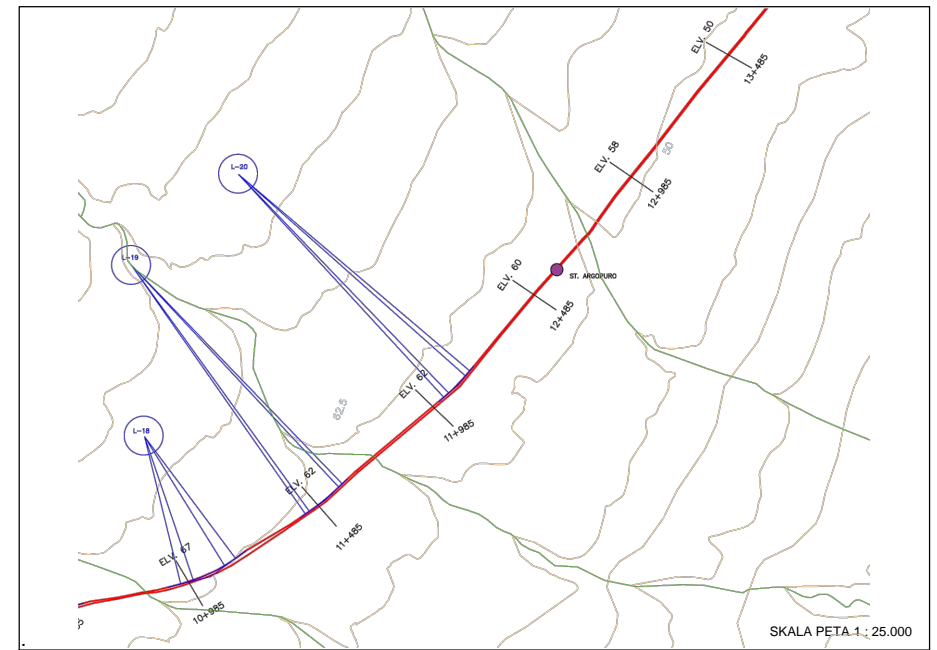
R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 23^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 113,86 m	Ts = 145,2 m
$\theta_s = 4,973^\circ$	E = 10,88 m

DATA TIKUNGAN L-19

R = 1000 m	Xs = 43,37 m
$\Delta = 9^\circ$	Ys = 0,31 m
h = 48,2 m	k = 21,68 m
Lh = 43,38 m	p = 0,08 m
Lc = 113,62 m	Ts = 100,38 m
$\theta_s = 1,243^\circ$	E = 3,17 m

DATA TIKUNGAN L-20

R = 1000 m	Xs = 43,37 m
$\Delta = 7^\circ$	Ys = 0,31 m
h = 48,2 m	k = 21,68 m
Lh = 43,38 m	p = 0,08 m
Lc = 78,74 m	Ts = 82,844 m
$\theta_s = 1,243^\circ$	E = 1,95 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

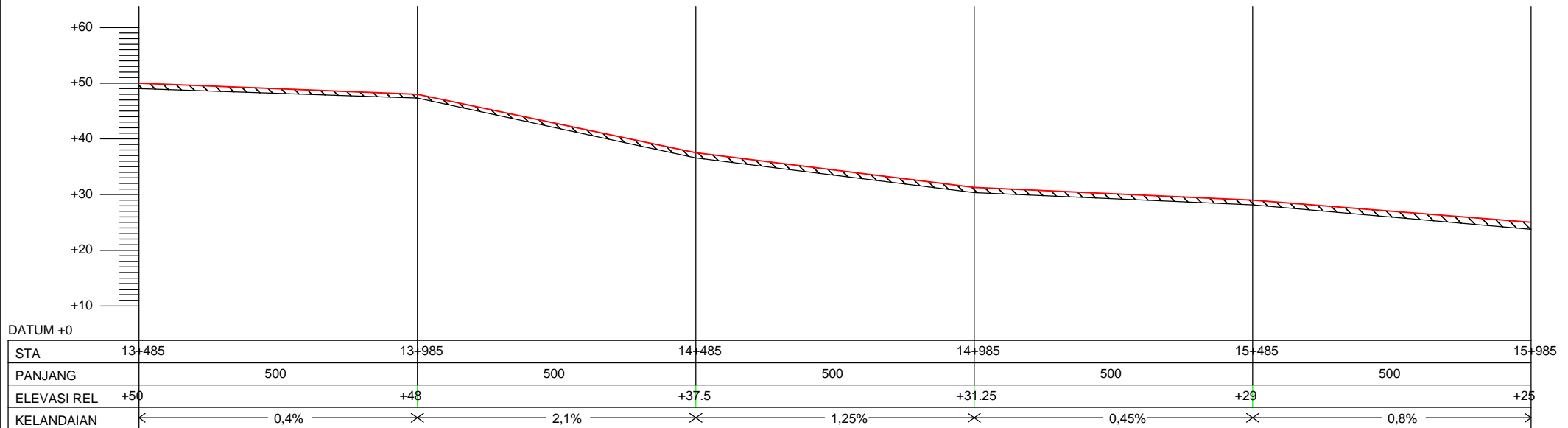
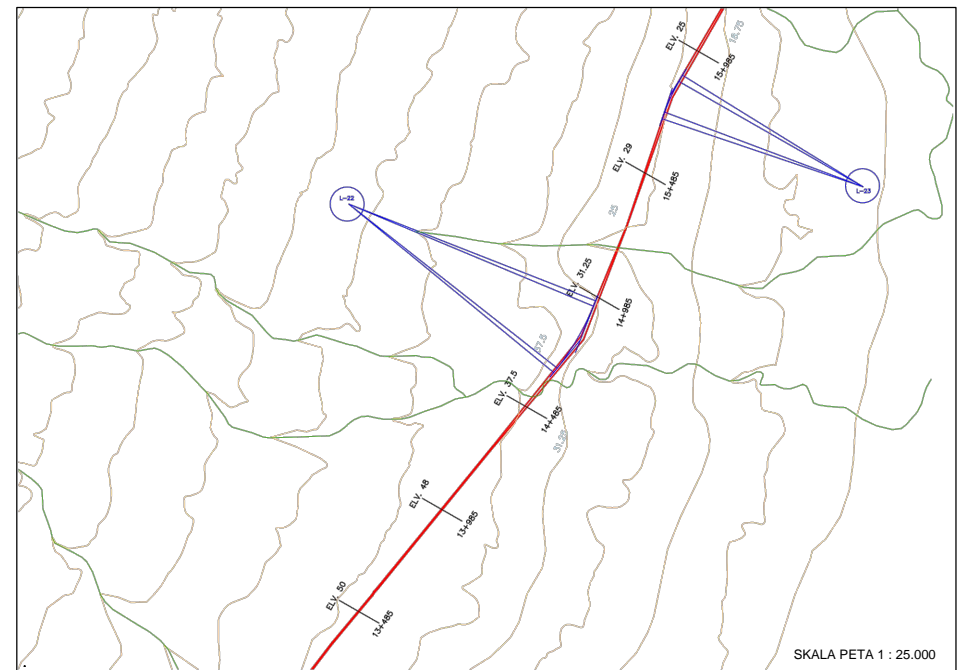
SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-22

R = 1000 m	Xs = 43,37 m
$\Delta = 18^\circ$	Ys = 0,31 m
h = 48,2 m	k = 21,68 m
Lh = 43,38 m	p = 0,08 m
Lc = 270,62 m	Ts = 180,07 m
$\theta_s = 1,243^\circ$	E = 12,54 m

DATA TIKUNGAN L-23

R = 800 m	Xs = 54,21 m
$\Delta = 13^\circ$	Ys = 0,61 m
h = 60,24 m	k = 27,09 m
Lh = 54,22 m	p = 0,15 m
Lc = 127,2 m	Ts = 118,26 m
$\theta_s = 1,943^\circ$	E = 5,33 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

SKALA

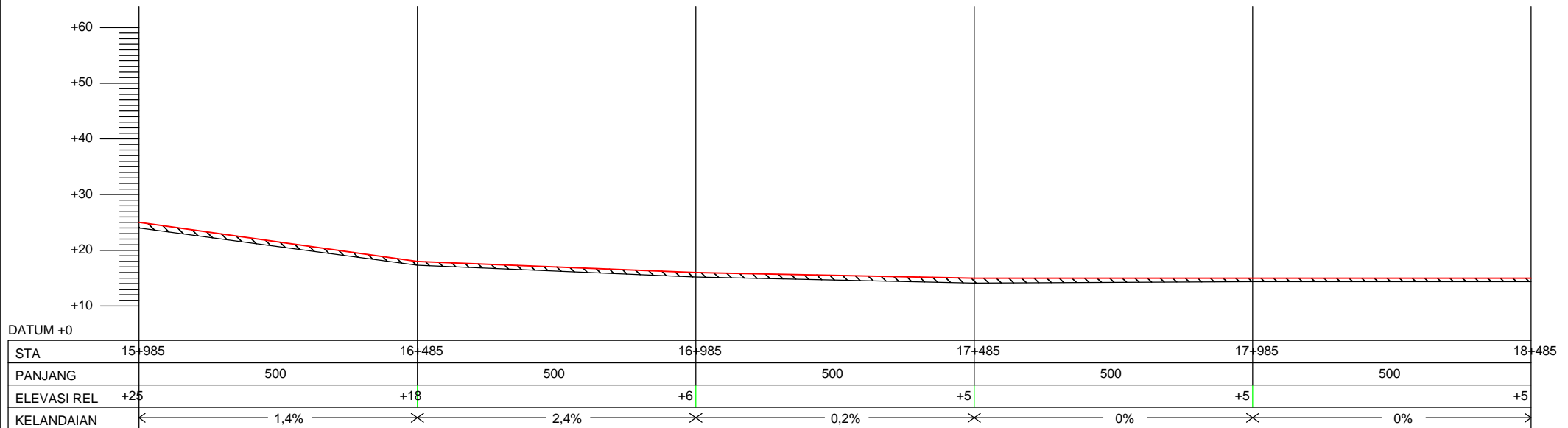
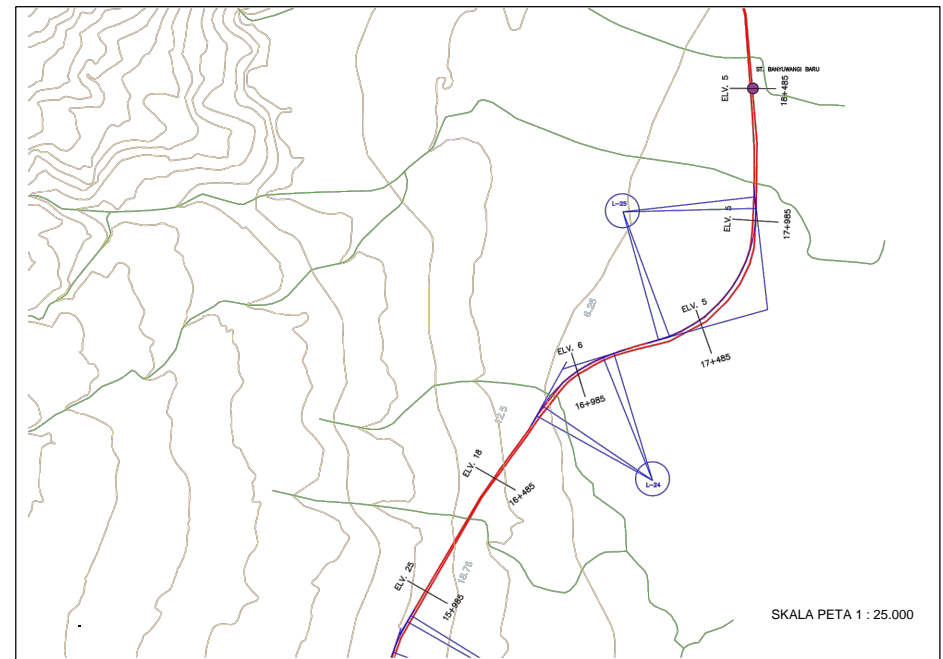
SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

DATA TIKUNGAN L-24

R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 44^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 297,03 m	Ts = 245,61 m
$\theta_s = 4,973^\circ$	E = 39,94 m

DATA TIKUNGAN L-25

R = 500 m	Xs = 86,69 m
$\Delta = 81^\circ$	Ys = 2,51 m
h = 96,39 m	k = 43,34 m
Lh = 86,75 m	p = 0,63 m
Lc = 619,75 m	Ts = 470,92 m
$\theta_s = 4,973^\circ$	E = 158,37 m



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

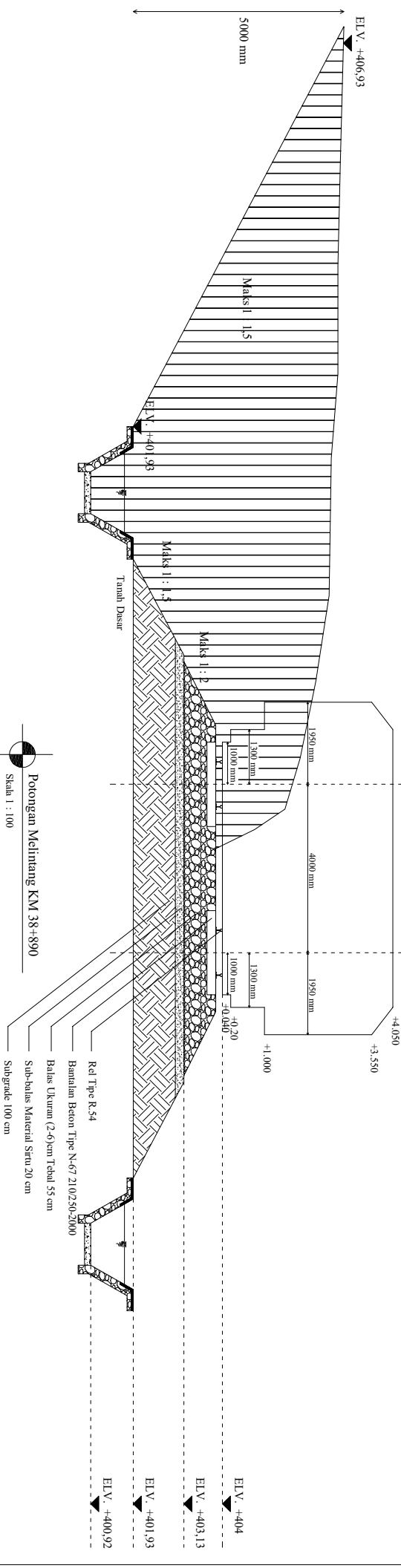
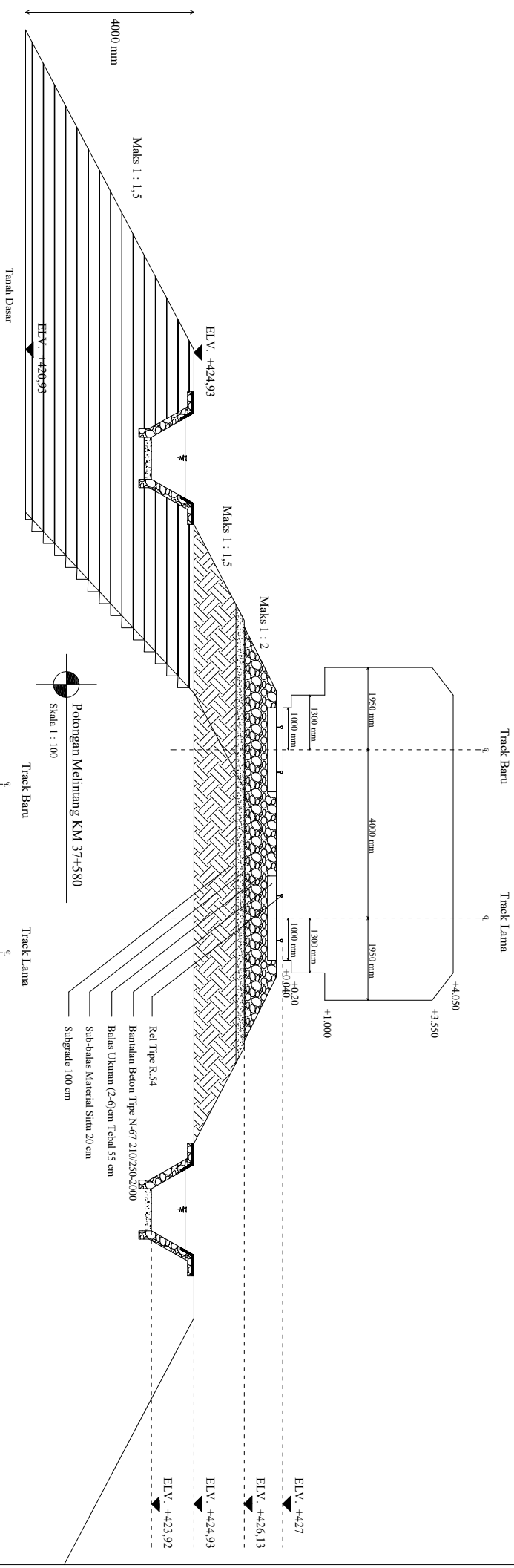
DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027


JUDUL GAMBAR


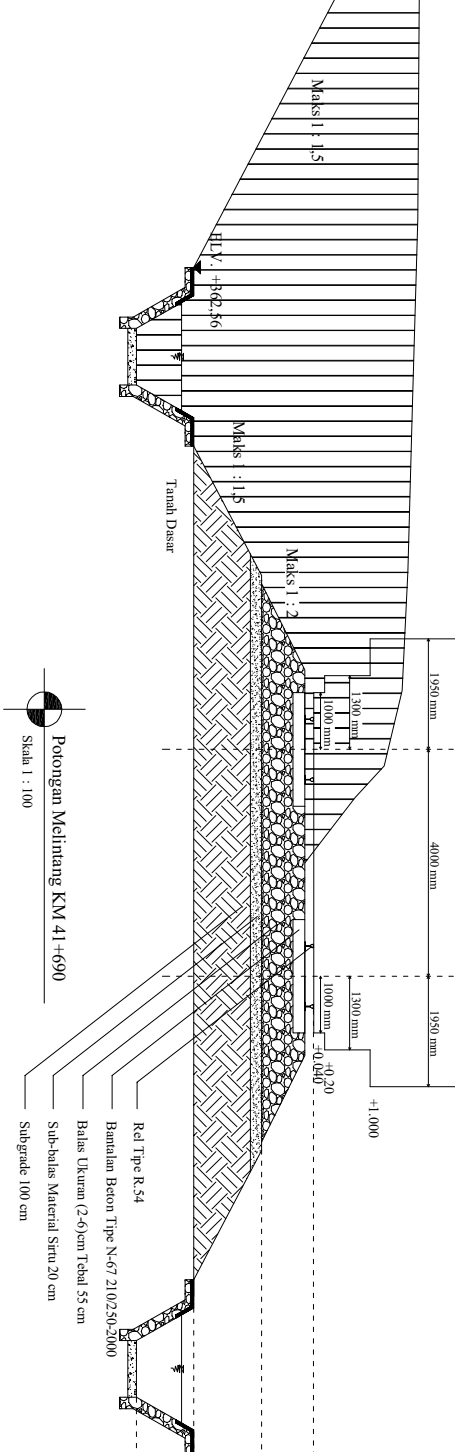
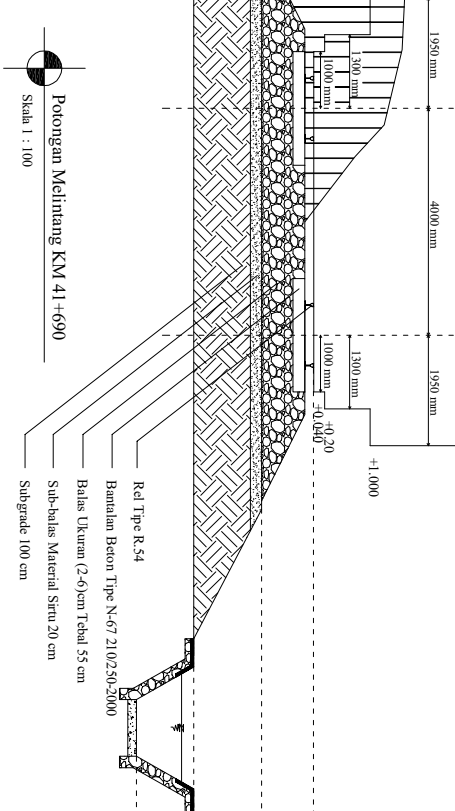
POTONGAN MEMANJANG
JALAN KERETA API

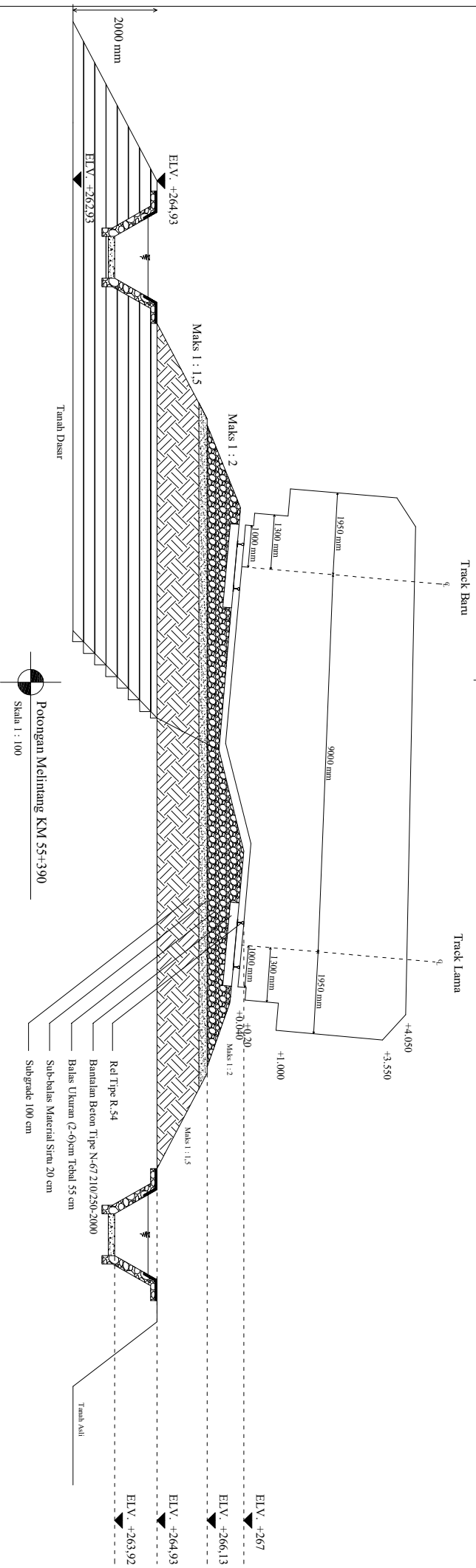
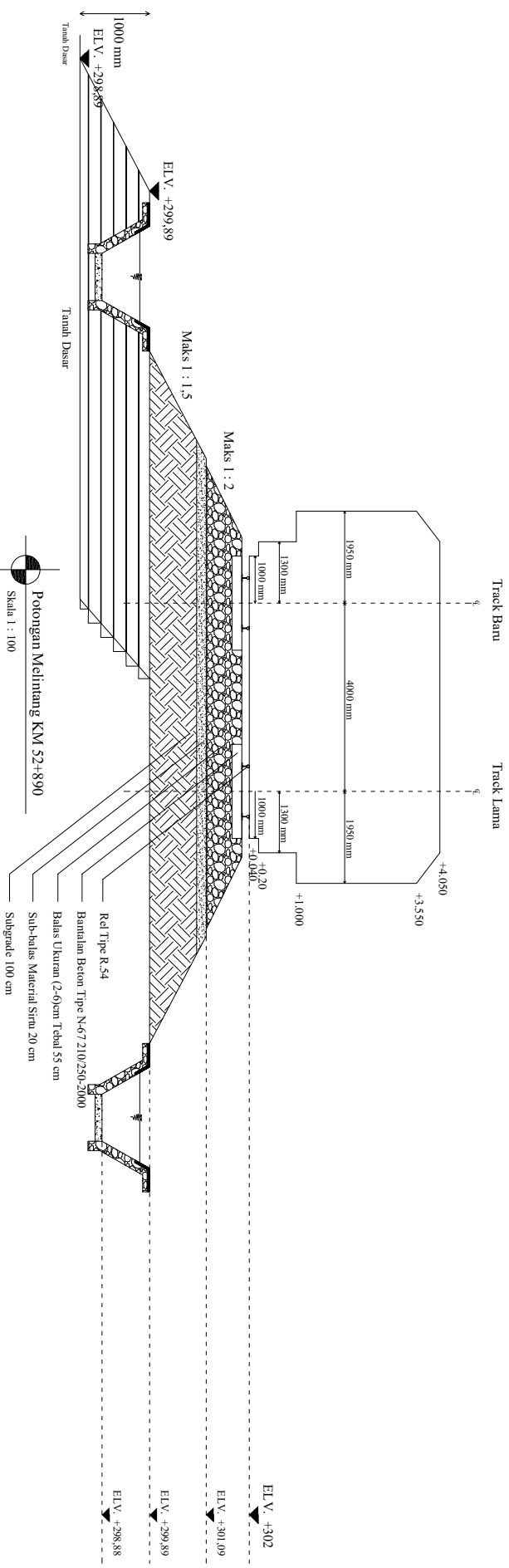
SKALA


SKALA VERTIKAL
1 : 1.000
SKALA HORIZONTAL
1 : 10.000

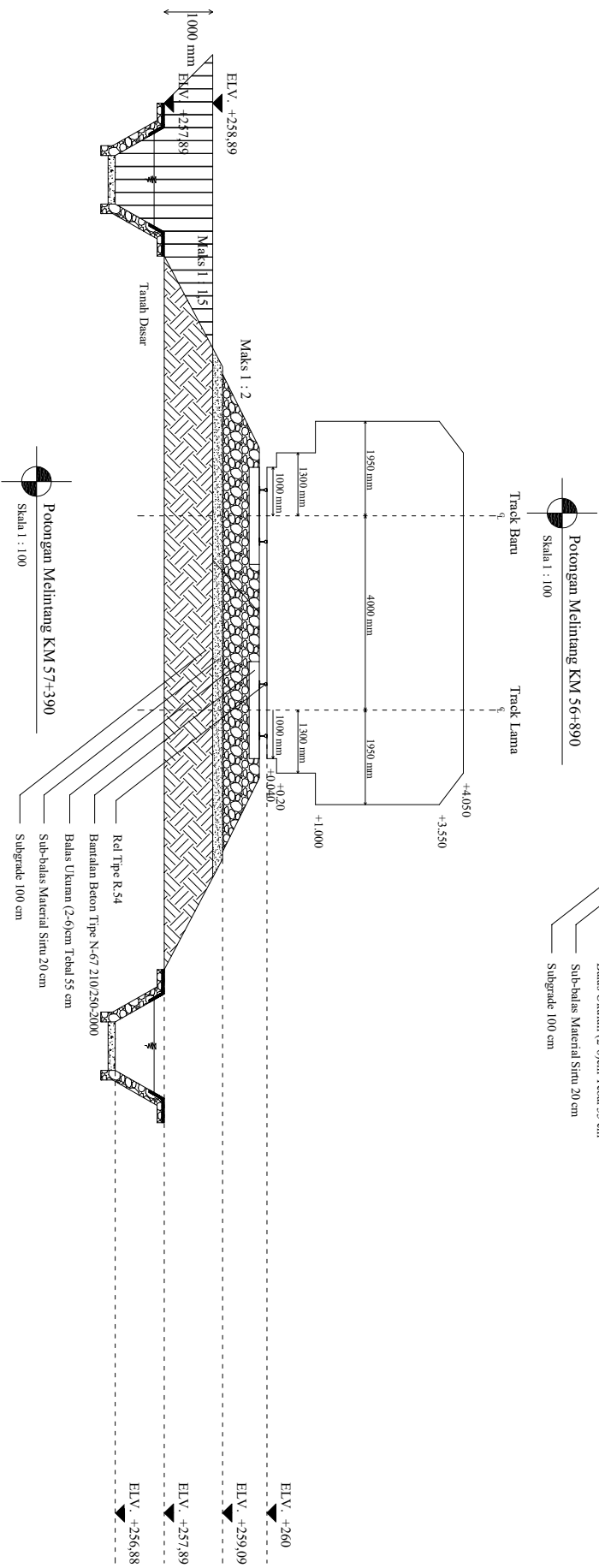
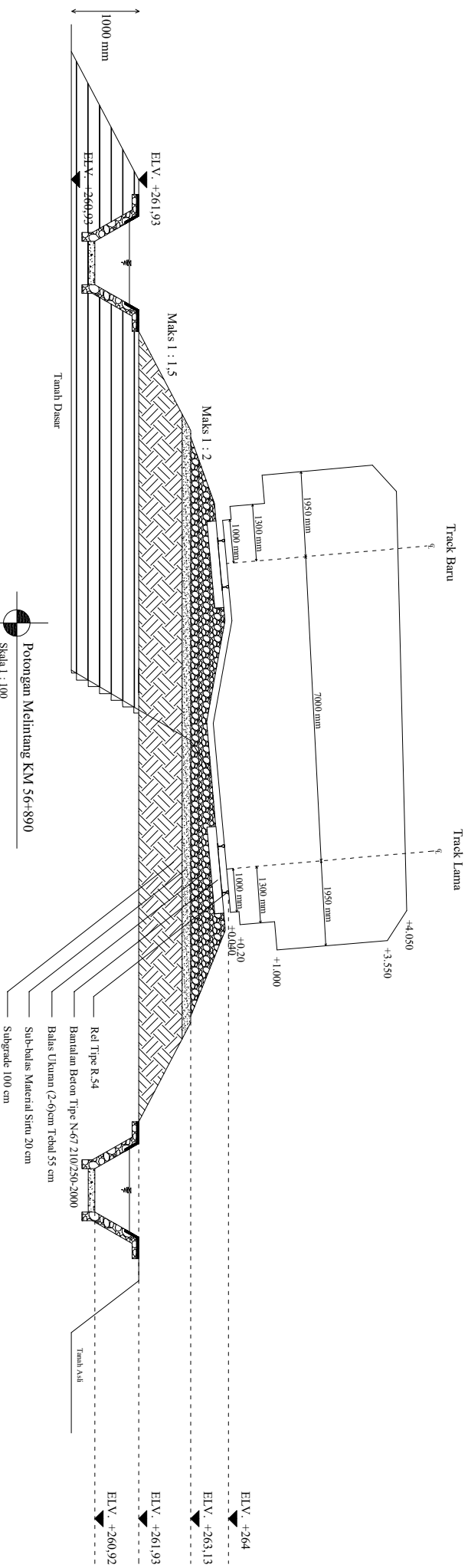



<div><div><div>ITS</div><div>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div></div>	DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BERSERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI		DOSEN PEMBIMBING IR. CHOMAEDHI, CES.GEO NIP. 19550319 198403 1 001		MAHASISWA DWIKI PRATAMA PUTRA NRP. 31113041027		POTONGAN MELINTANG JALAN KERETA API ARAH SBY - BWI	
			JUDUL GAMBAR					
			KETERANGAN					

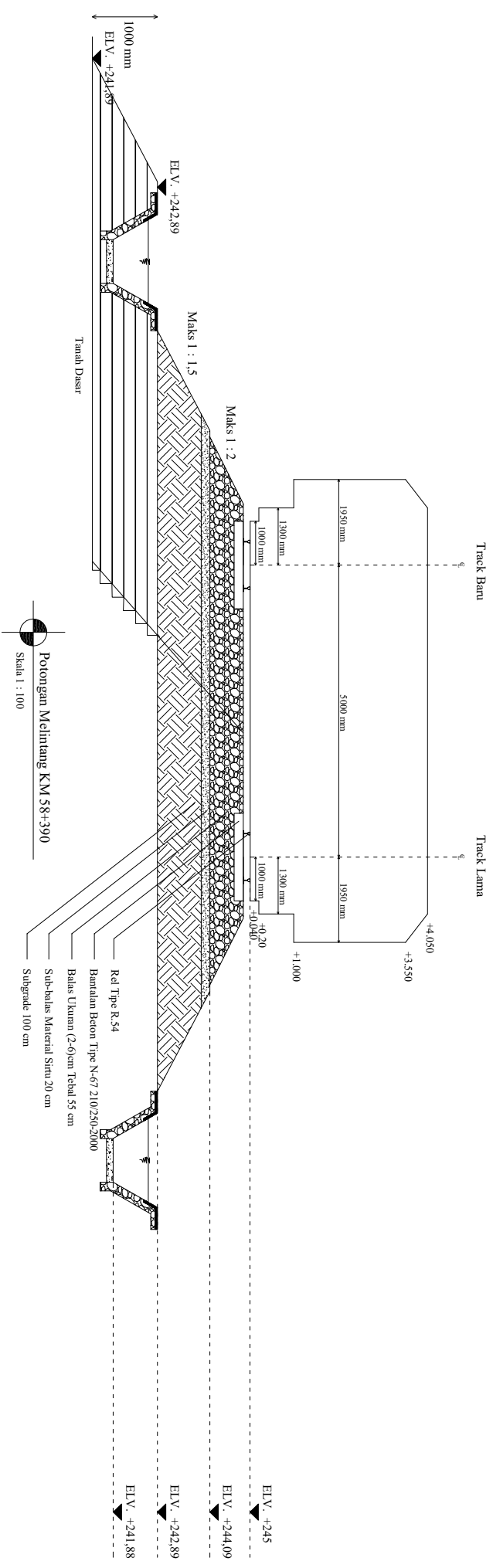
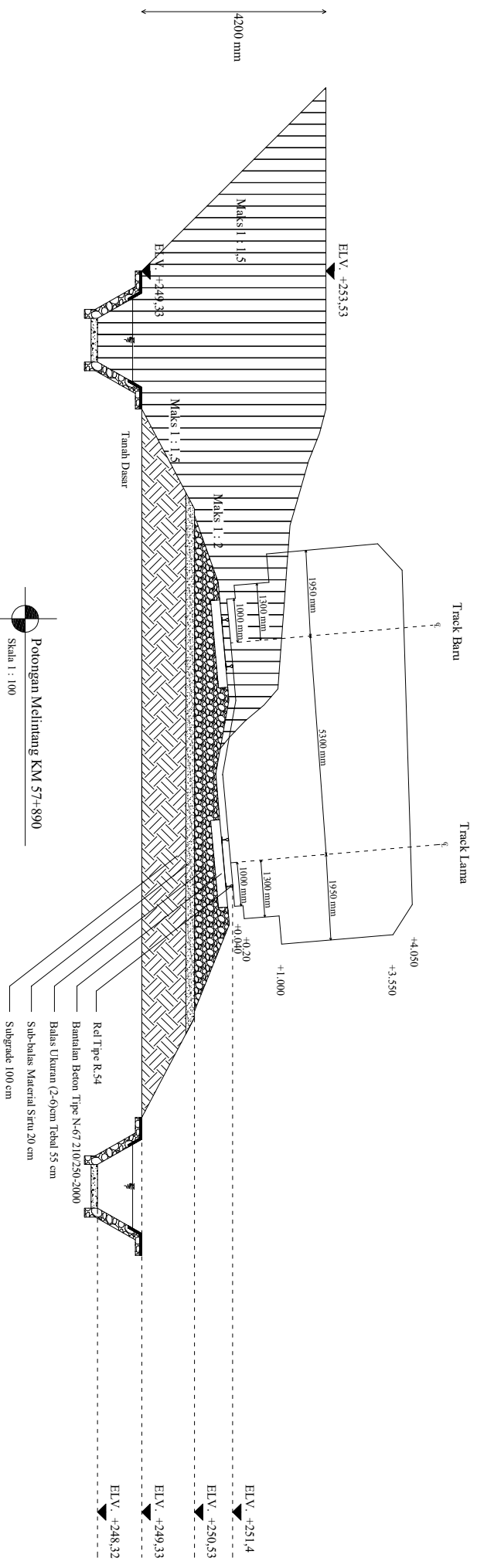
 <p>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	<p>DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BISERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI</p>	<p>DOSSEN PEMBIMBING IR. CHOMAEHDH. CES.GEO NIP. 19550319 198403 1 001</p>	<p>MAHASISWA DWIKI PRATAMA PUTRA NRP. 31113041027</p>	<p>POTONGAN MELINTANG JALAN KERETA API ARAH SBY - BWI</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 48%;">  <p>Track Baru</p> <p>Track Lama</p> <p>Potongan Melintang KM 40+890</p> <p>Skala 1 : 100</p> <p>ELV. +376</p> <p>ELV. +375.09</p> <p>ELV. +373.89</p> <p>ELV. +372.88</p> <p>ELV. +364.63</p> <p>ELV. +363.76</p> <p>ELV. +362.56</p> <p>ELV. +361.55</p> </div> <div style="width: 48%;">  <p>Track Baru</p> <p>Track Lama</p> <p>Potongan Melintang KM 41+690</p> <p>Skala 1 : 100</p> <p>ELV. +366.56</p> <p>ELV. +362.56</p> <p>ELV. +361.55</p> </div> </div>				




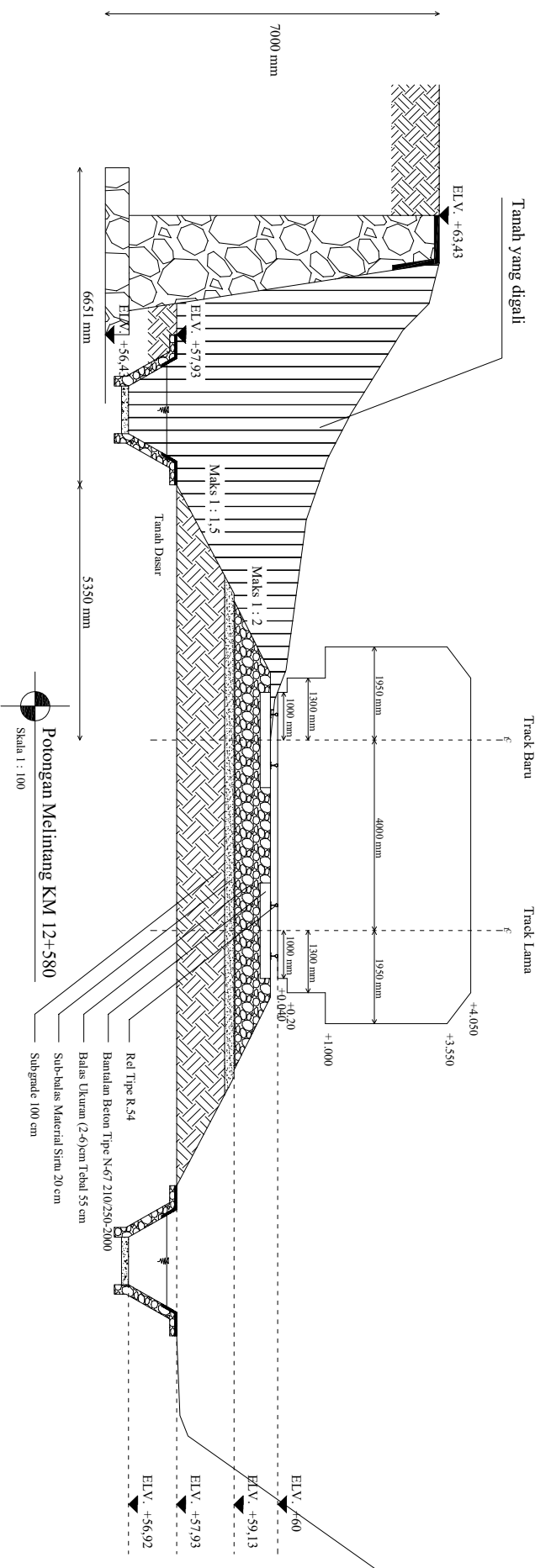
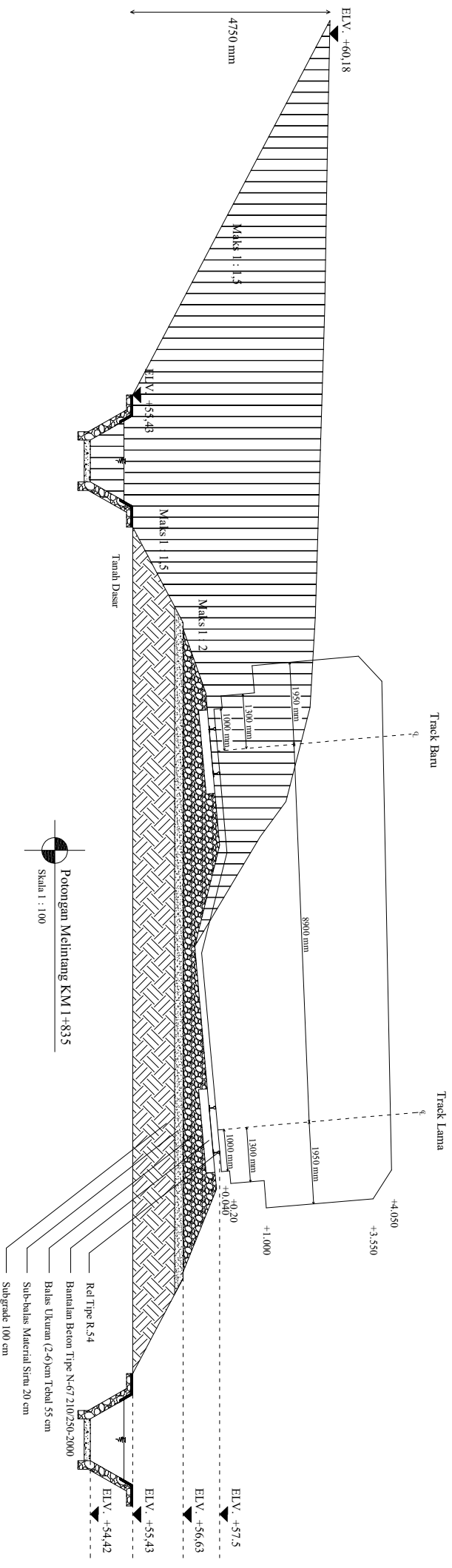
JUDUL GAMBAR	
POTONGAN MELINTANG JALAN KERETA API ARAH SBY - BWI	KETERANGAN
<div> <div> DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI </div> <div> Dosen Pembimbing IR. CHOMAEDEH, CES.GEO NIP. 19550319 198403 1 001 MAHasiswa DWIKI PRATAMA PUTRA NRP. 31113041027 </div> <div>  </div> </div>	




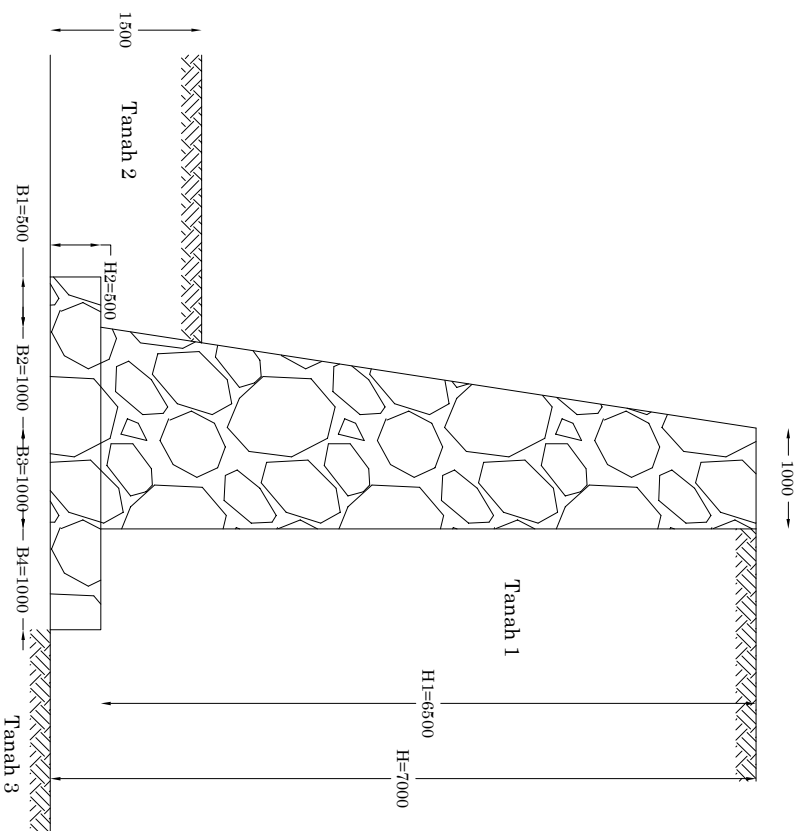
 <p>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BERSERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI	
	DOSEN PEMBIMBING	<u>IR. CHOMAEDHI, CES.GEO</u> NIP. 19550319 198403 1 001 <u>AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.</u> NIP. 19770218 200501 2 002
	MAHASISWA	<u>DWIKI PRATAMA PUTRA</u> NRP. 31113041027
	JUDUL GAMBAR	POTONGAN MELINTANG JALAN KERETA API ARAH SBY - BWI
	KETERANGAN	



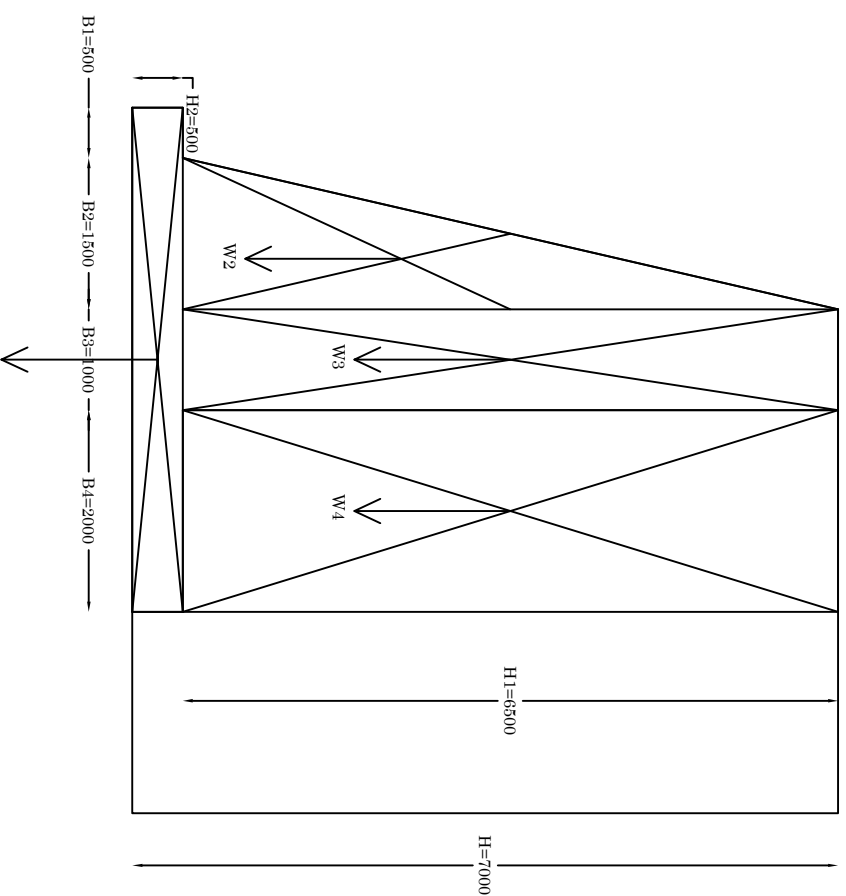
 <p>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	<p>DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BERSERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI</p>	Dosen Pembimbing	Mahasiswa	Judul Gambar	Keterangan
		<p><u>IR. CHOMAEDEH. CES.GEO</u> NIP. 19550319 198403 1 001</p> <p><u>AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.</u> NIP. 19770218 200501 2 002</p>	<p><u>DWIKI PRATAMA PUTRA</u> NRP. 31113041027</p>	<p>POTONGAN MELINTANG JALAN KERETA API ARAH SBY - BWI</p>	




 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI		DOSEN PEMBIMBING <u>IR. CHOMAEDH. CES.GEO</u> NIP. 19550319 198403 1 001 <u>AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.</u> NIP. 19770218 200501 2 002		MAHASISWA <u>DWIKI PRATAMA PUTRA</u> NRP. 31113041027		JUDUL GAMBAR POTONGAN MELINTANG JALAN KERETA API ARAH SBY - BWI		KETERANGAN

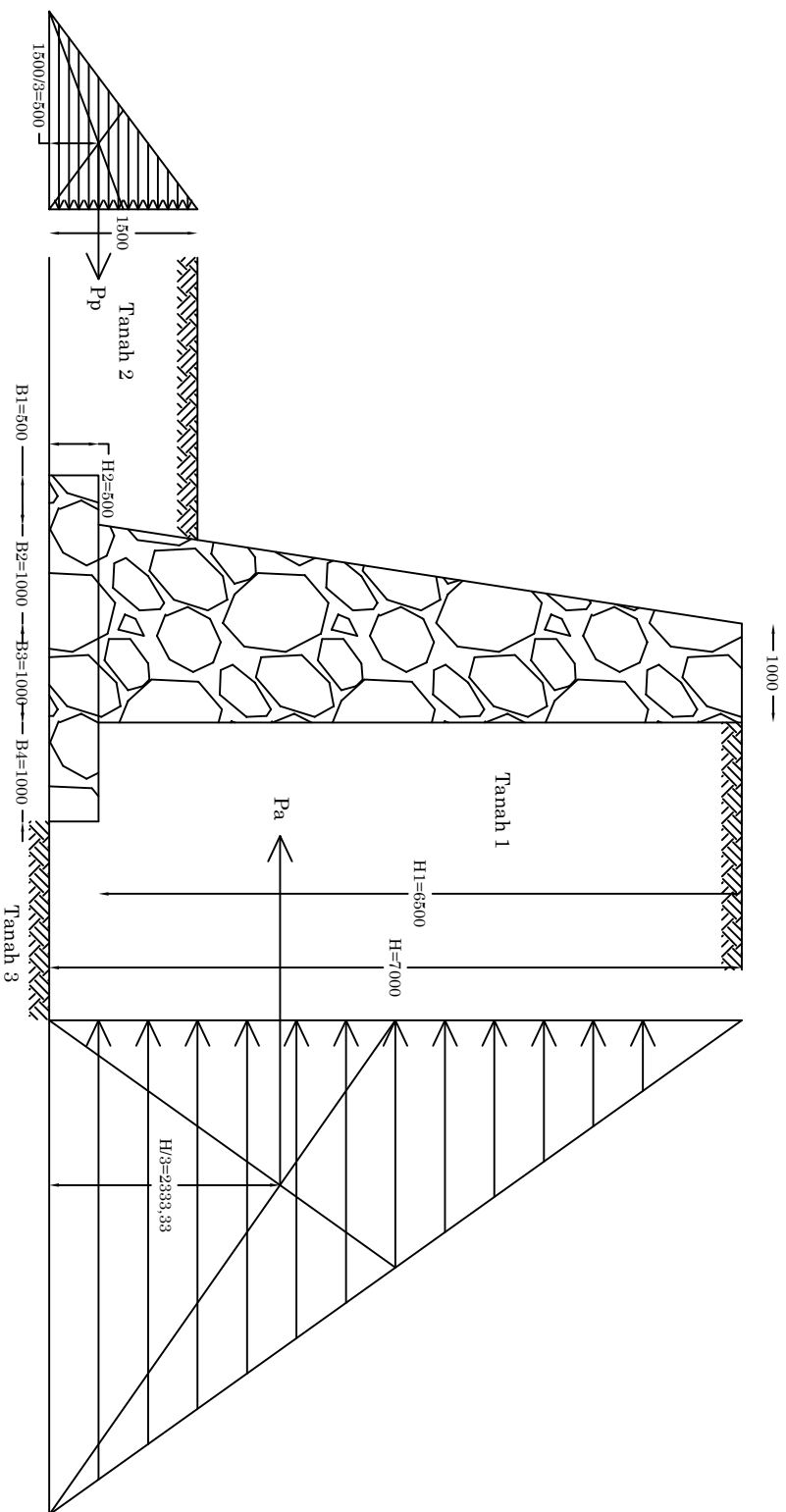


Desain Rencana Dinding Penahan Tanah
Skala 1 : 100



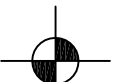
Berat Sendiri Dinding Penahan Tanah
Skala 1 : 100

 <p>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	<p>DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI</p>		<p>DOSEN PEMBIMBING <u>IR. CHOMAEDHI, CES.GEO</u> NIP. 19550319 198403 1 001 <u>AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.</u> NIP. 19770218 200501 2 002</p>		<p>MAHASISWA <u>DWIKI PRATAMA PUTRA</u> NRP. 3113041027</p>		<p>JUDUL GAMBAR DINDING PENAHAN TANAH KM 12+580 - KM 12+680</p>		<p>KETERANGAN</p>
---	--	--	---	--	---	--	---	--	-------------------

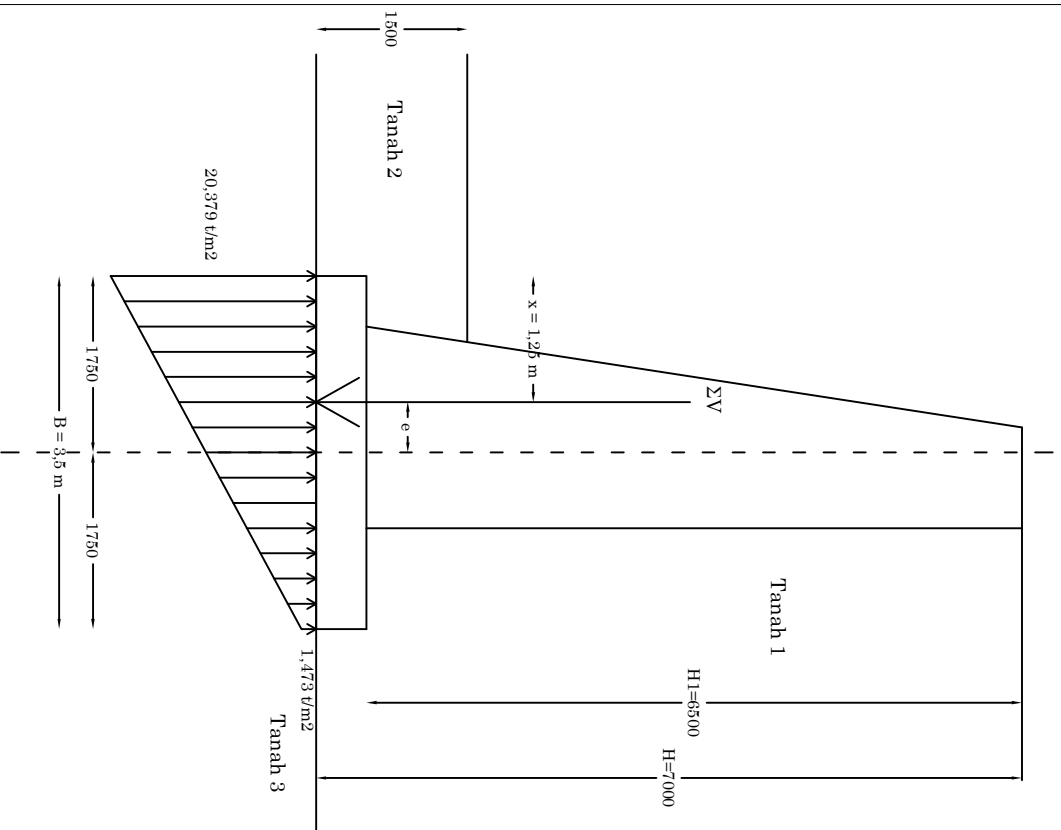


Tekanan Tanah Pada Dinding Penahan

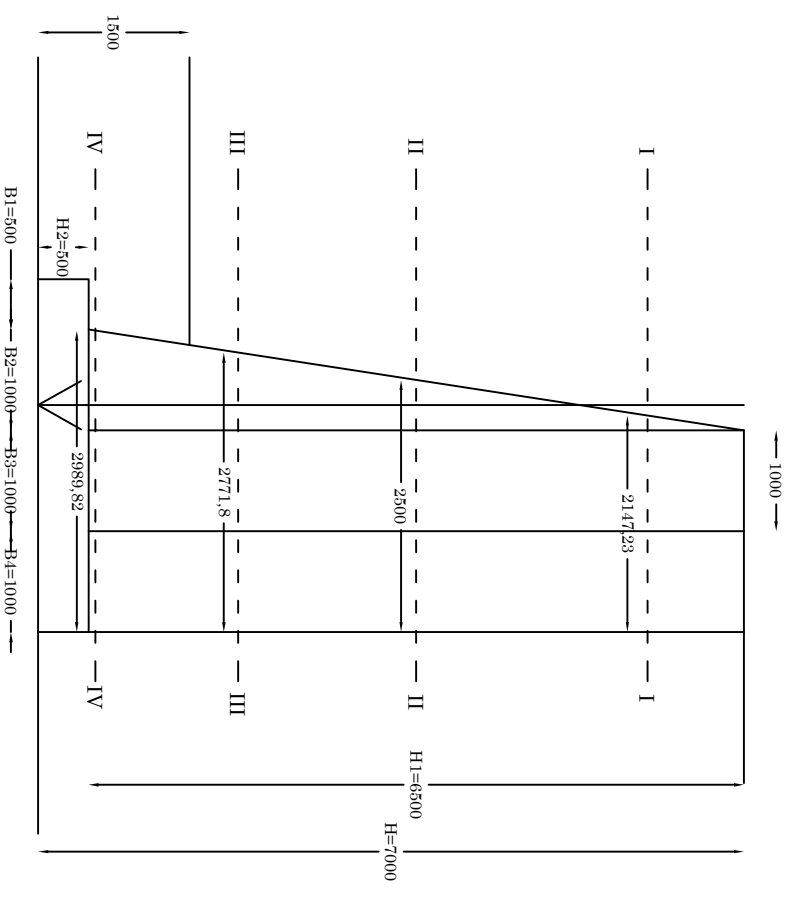
Skala 1 : 100




JUDUL GAMBAR		KETERANGAN
DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	
<p>DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN</p> <p>PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE</p> <p>BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI</p>	<p>IR. CHOMAEDEHI, CES.GEO</p> <p>NIP. 19550319 198403 1 001</p> <p>AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.</p> <p>NIP. 19770218 200501 2 002</p>	<p>DWIKI PRATAMA PUTRA</p> <p>NRP. 3113041027</p> <p>DINDING PENAHAN TANAH</p> <p>KM 12+580 - KM 12+680</p>

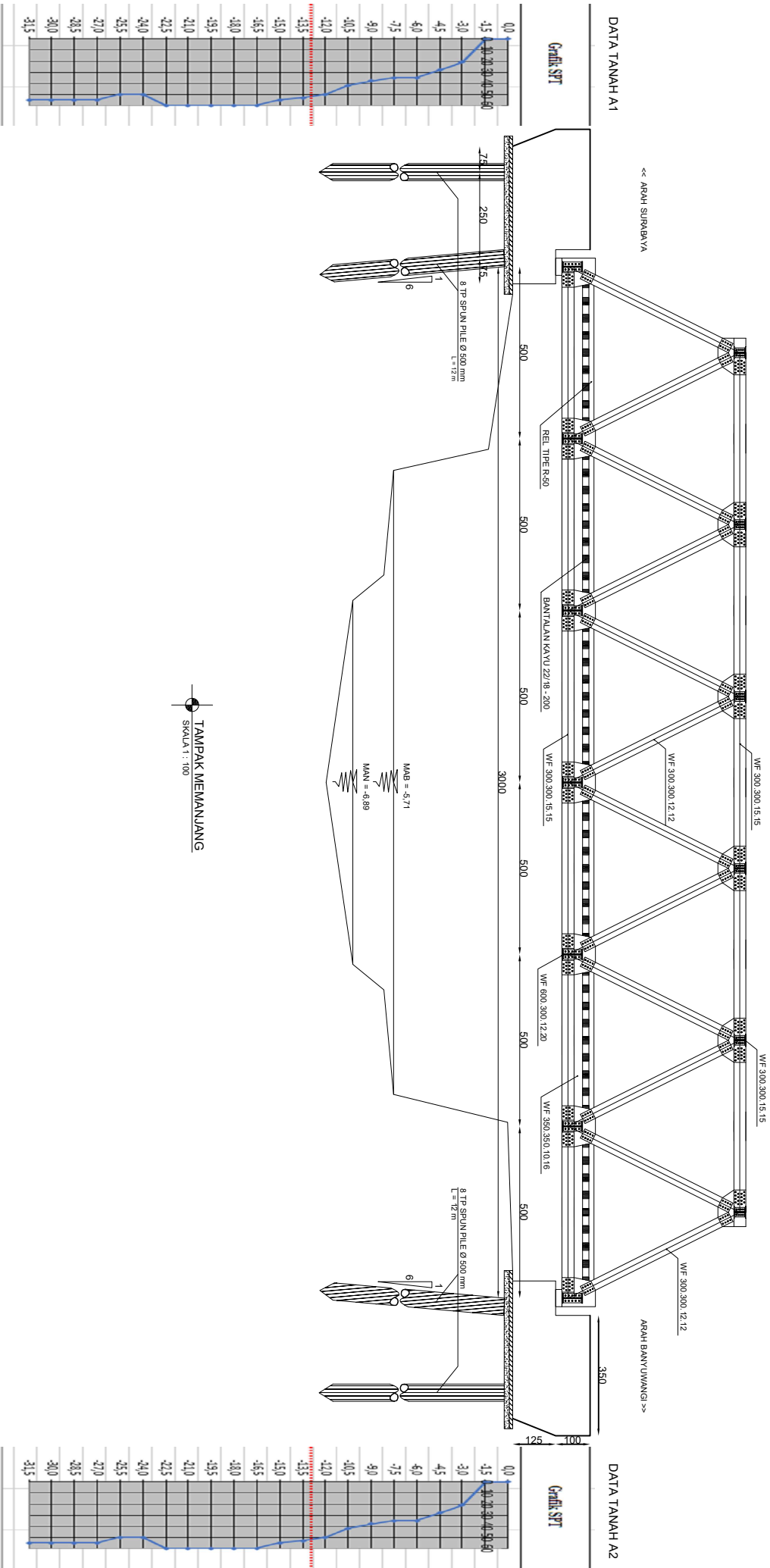


Tegangan Kontak Pada Dasar Dinding Penahan
Skala 1 : 100



Potongan Tiap Struktur Dinding Penahan
Skala 1 : 100

 <p>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	<p>DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, RESERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI</p>		<p>DOSEN PEMBIMBING <u>IR. CHOMAEDHI, CES.GEO</u> NIP. 19550319 198403 1 001 <u>AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.</u> NIP. 19770218 200501 2 002</p>		<p>MAHASISWA <u>DWIKI PRATAMA PUTRA</u> NRP. 3113041027</p>		<p>JUDUL GAMBAR DINDING PENAHAN TANAH KM 12+580 - KM 12+680</p>		<p>KETERANGAN</p>	
---	--	--	---	--	---	--	---	--	-------------------	--



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN

PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE

BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEDEHI, CES. GEO.

NIP. 19550319 198403 1 001

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA

NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

KETERANGAN

DATA PROFIL :

BU 37

Fy = 240 MPa

Fu = 370 MPa

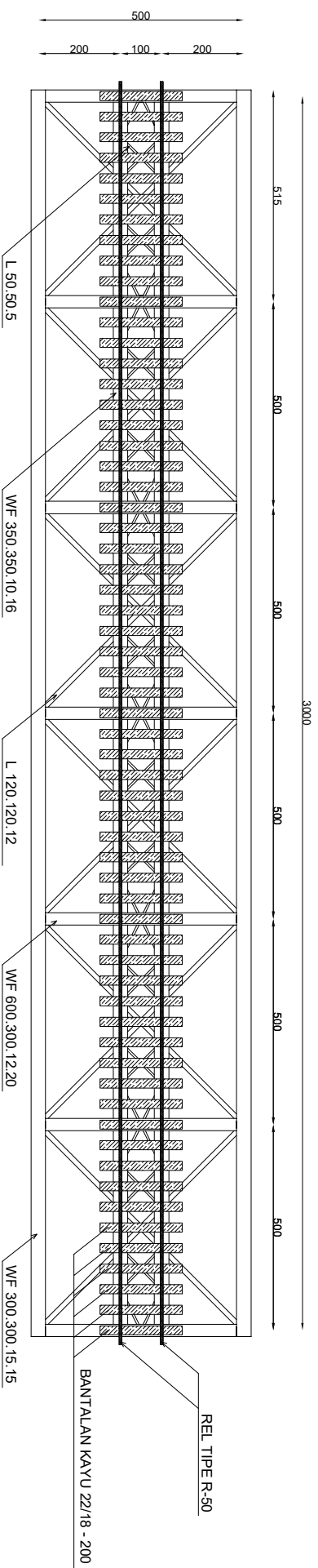


DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

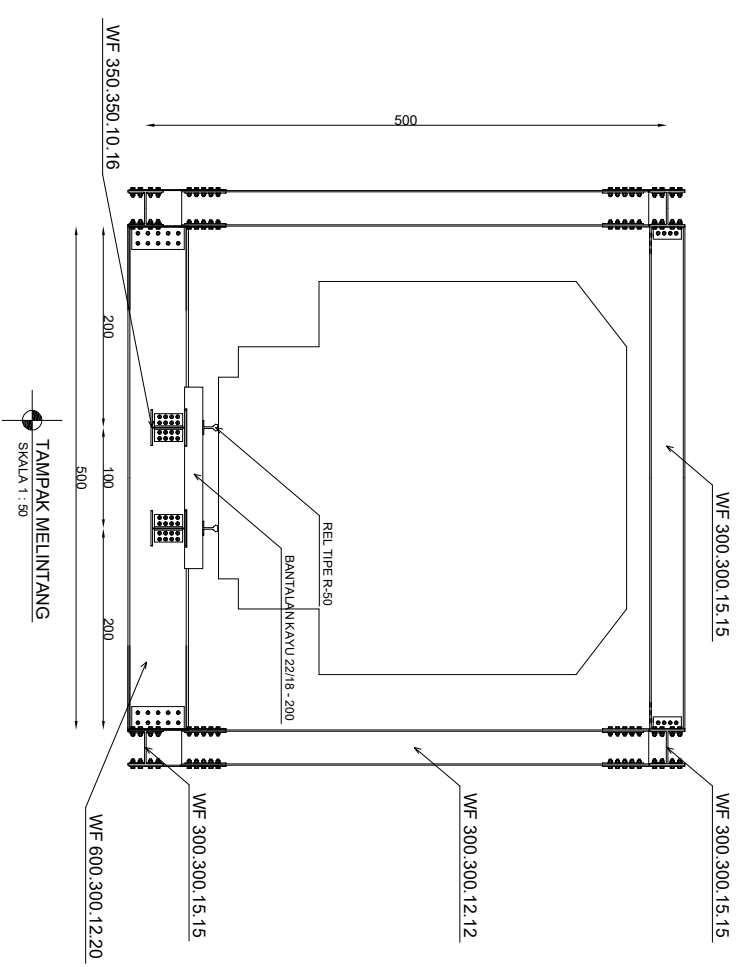
AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027


TAMPAK MEMANJANG
JEMBATAN KERETA API
BH 200 KM 46+274

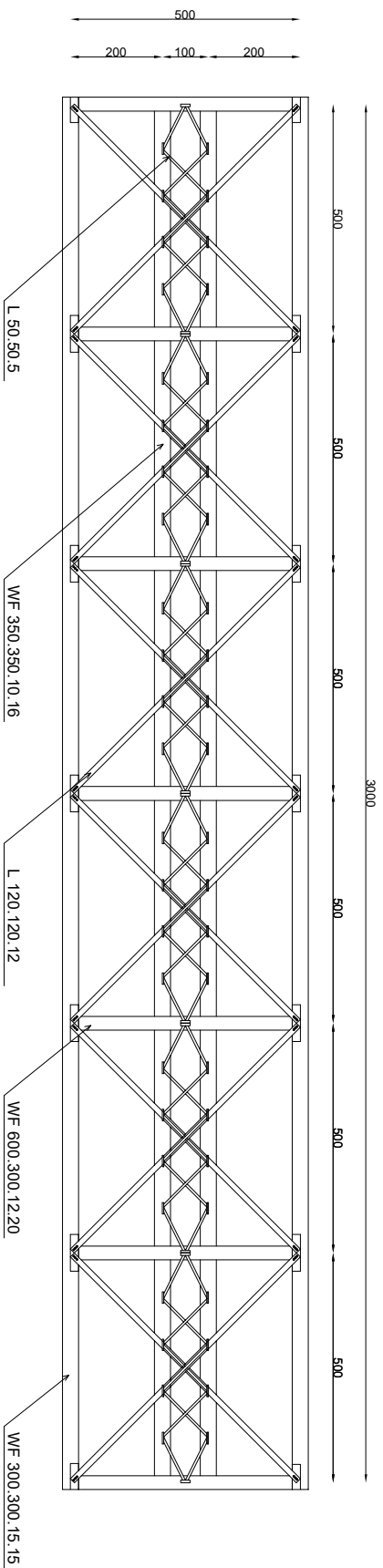


TAMPAK ATAS
SKALA 1 : 100

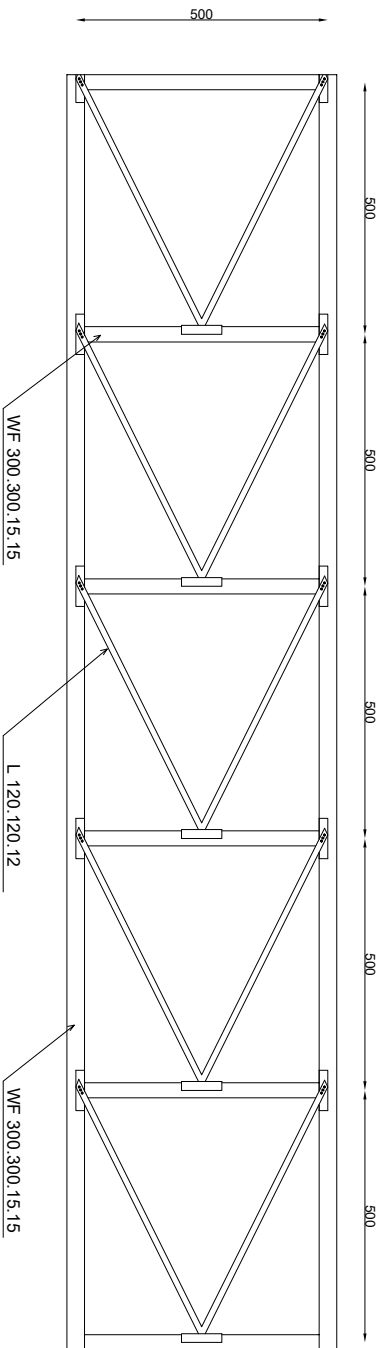


TAMPAK MELINTANG
SKALA 1 : 90


 <p>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	<p>DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI</p>			<p>DOSEN PEMBIMBING</p> <p>IR. CHOMAEHDIL, CES. GEO. NIP. 19550319 198403 1 001</p>	<p>MAHASISWA</p> <p>DWIKI PRATAMA PUTRA NRP. 3113041027</p>	<p>JUDUL GAMBAR</p> <p>TAMPAK MELINTANG JEMBATAN KERETA API BH 200 KM 46+274</p>	<p>KETERANGAN</p> <p>DATA PROFIL : BJ 37 Fy = 240 MPa Fu = 370 MPa</p>
---	--	--	--	---	---	--	--

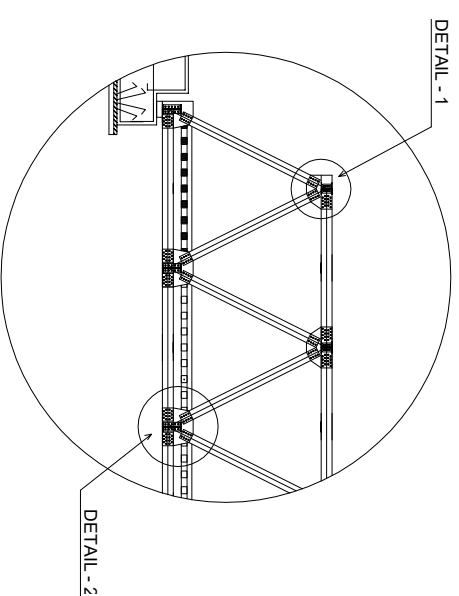
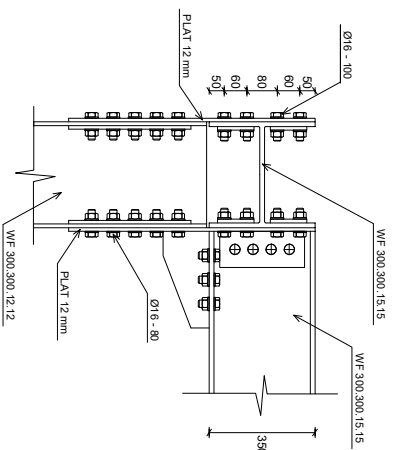
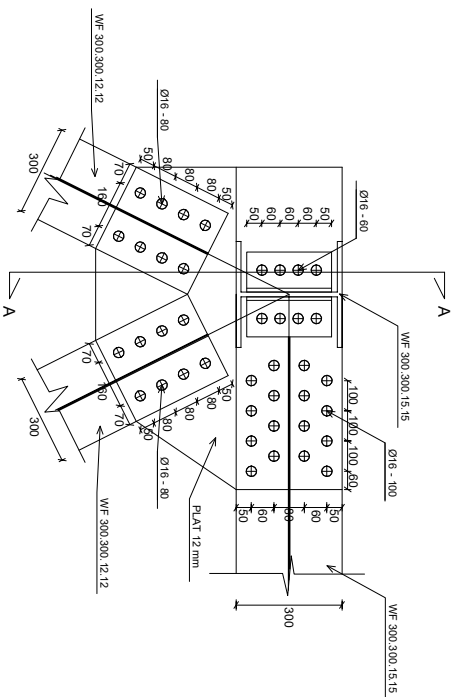


IKATAN ANGIN BAWAH
SKALA 1 : 100



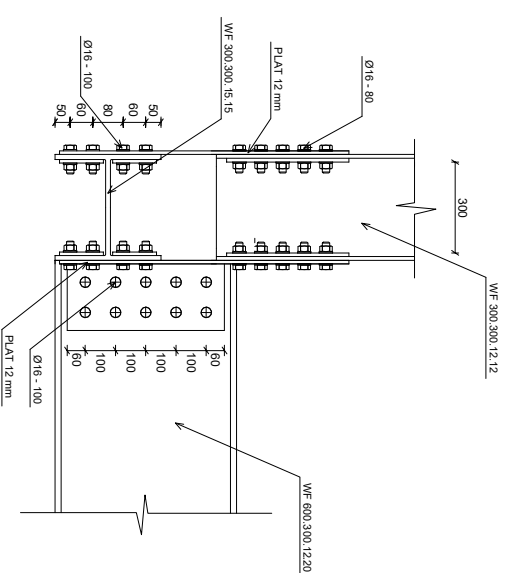
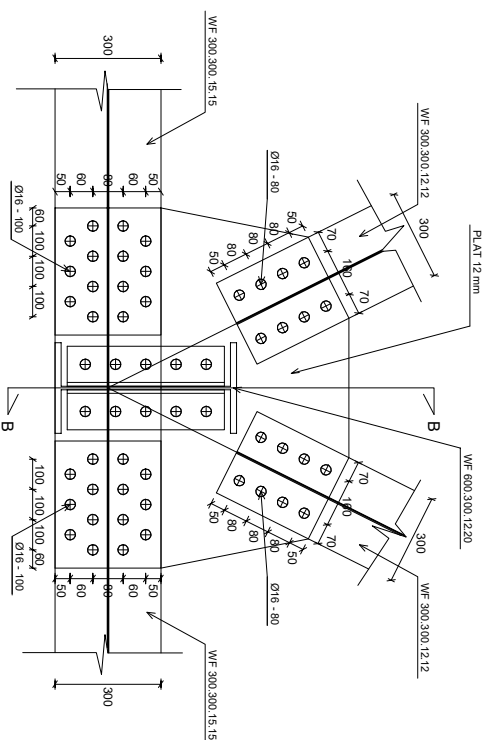
IKATAN ANGIN ATAS
SKALA 1 : 100

 <p>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	<p>DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI</p>			<p>DOSEN PEMBIMBING</p> <p>IR. CHOMAEHDIL, CES. GEO. NIP. 19550319 198403 1 001</p> <p>AMALIA FIRDAUS M. ST., MT. NIP. 19770218 200501 2 002</p>	<p>MAHASISWA</p> <p>DWIKI PRATAMA PUTRA NRP. 3113041027</p>	<p>JUDUL GAMBAR</p> <p>IKATAN ANGIN JEMBATAN KERETA API BH 200 KM 46+274</p>	<p>KETERANGAN</p> <p>DATA PROFIL : BJ 37 Fy = 240 MPa Fu = 370 MPa</p>
---	--	--	--	--	---	--	--



DETAIL - 1
SKALA 1 : 20

POTONGAN A - A
SKALA 1 : 20



DETAIL - 2
SKALA 1 : 20

POTONGAN B - B
SKALA 1 : 20

DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BERSERTA METODE PELAKSANAAN

PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE

BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEHDIL, CES. GEO.
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

DWIKI PRATAMA PUTRA

NRP. 3113041027

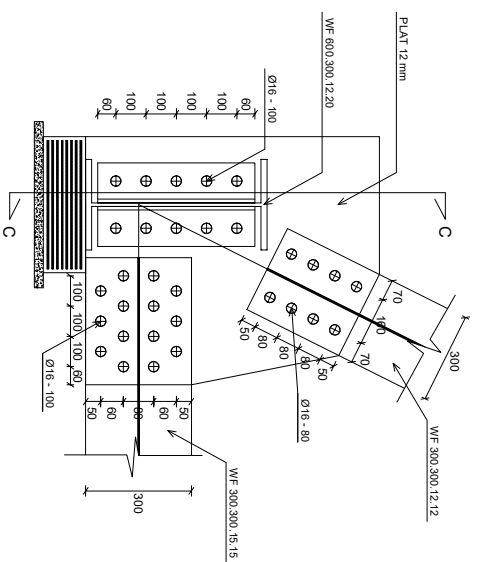
JUDUL GAMBAR

DETAIL

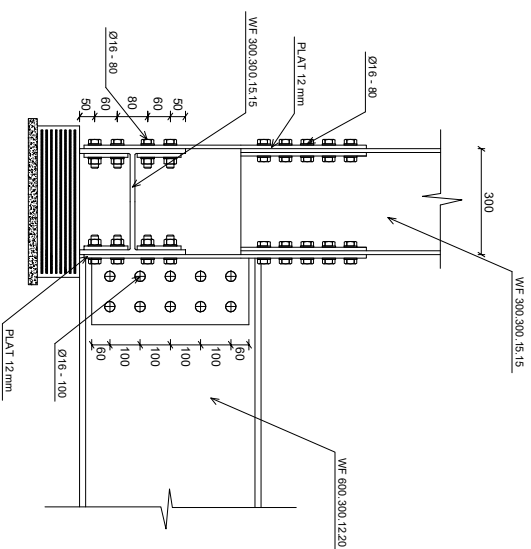
SAMBUNGAN JEMBATAN

KETERANGAN

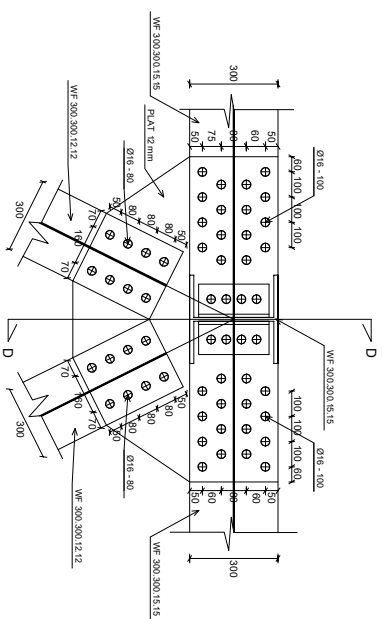
DATA PROFIL : DATA BAUT :
BJ 37 Fy = 240 MPa BJ 50 Fy = 280 MPa
F4 = 370 MPa F4 = 500 MPa
DATA PLAT PENYAMBUNG :
BJ 41 Fy = 250 MPa
F4 = 410 MPa



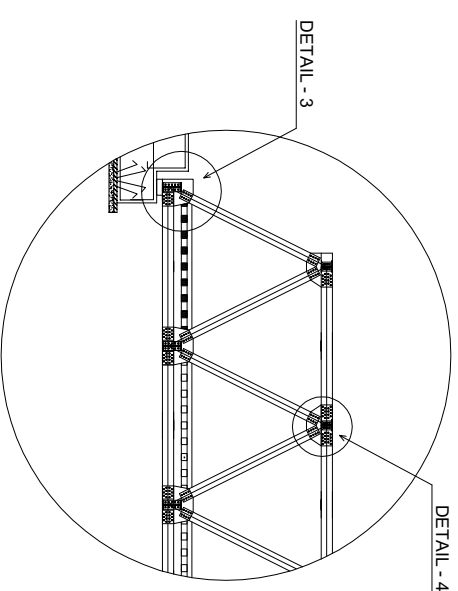
DETAIL - 3
SKALA 1 : 20



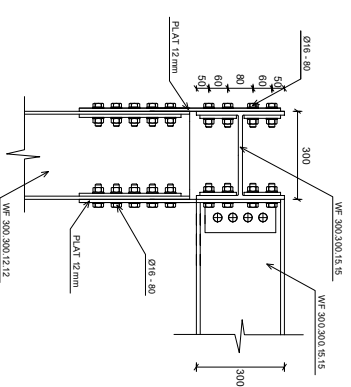
POTONGAN C - C
SKALA 1 : 20




DETAIL - 4
SKALA 1 : 20

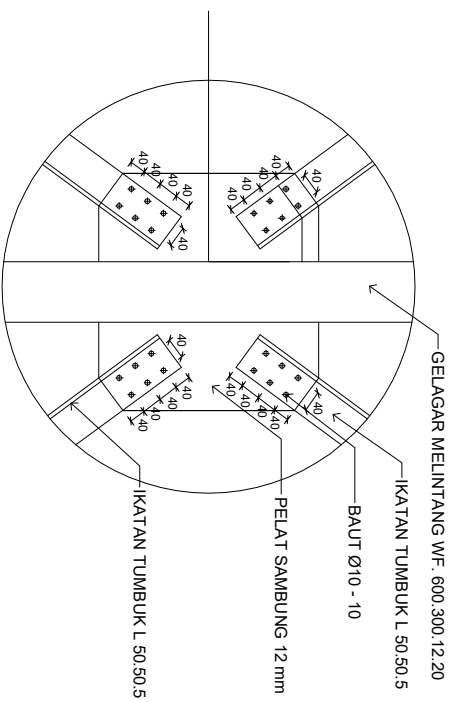


POTONGAN D - D
SKALA 1 : 20

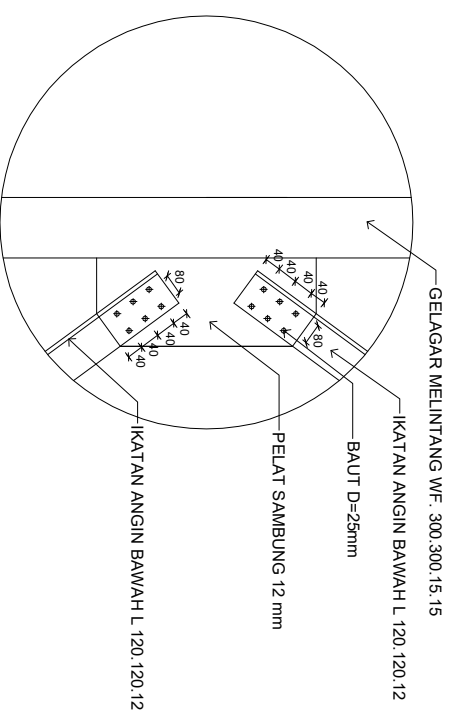
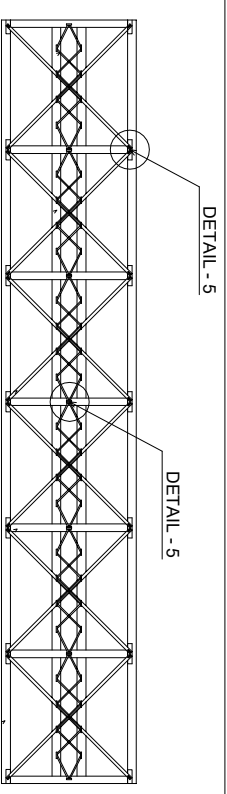


POTONGAN D - D
SKALA 1 : 20


 <p>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	<p align="center">DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BERSERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANTUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANTUWANGI</p>	
	<p align="center">DOSEN PEMBIMBING</p> <p align="center"><u>IR. CHOMAEDEHI, CES, GEO</u> NIP. 19550319 198403 1 001</p>	<p align="center">MAHASISWA</p> <p align="center"><u>DWIKI PRATAMA PUTRA</u> NRP. 3113041027</p>
<p align="center">JUDUL GAMBAR</p>		<p align="center">DETAIL</p> <p align="center">SAMBUNGAN JEMBATAN</p>
<p align="center">KETERANGAN</p> <p>DATA PROFIL : DATA BAUT : B₁ = 240 MPa B₂ = 290 MPa B₃ = 370 MPa F_d = 500 MPa DATA PLAT PENYAMBUNG : B₁ = 410 MPa B₂ = 250 MPa F_d = 410 MPa</p>		

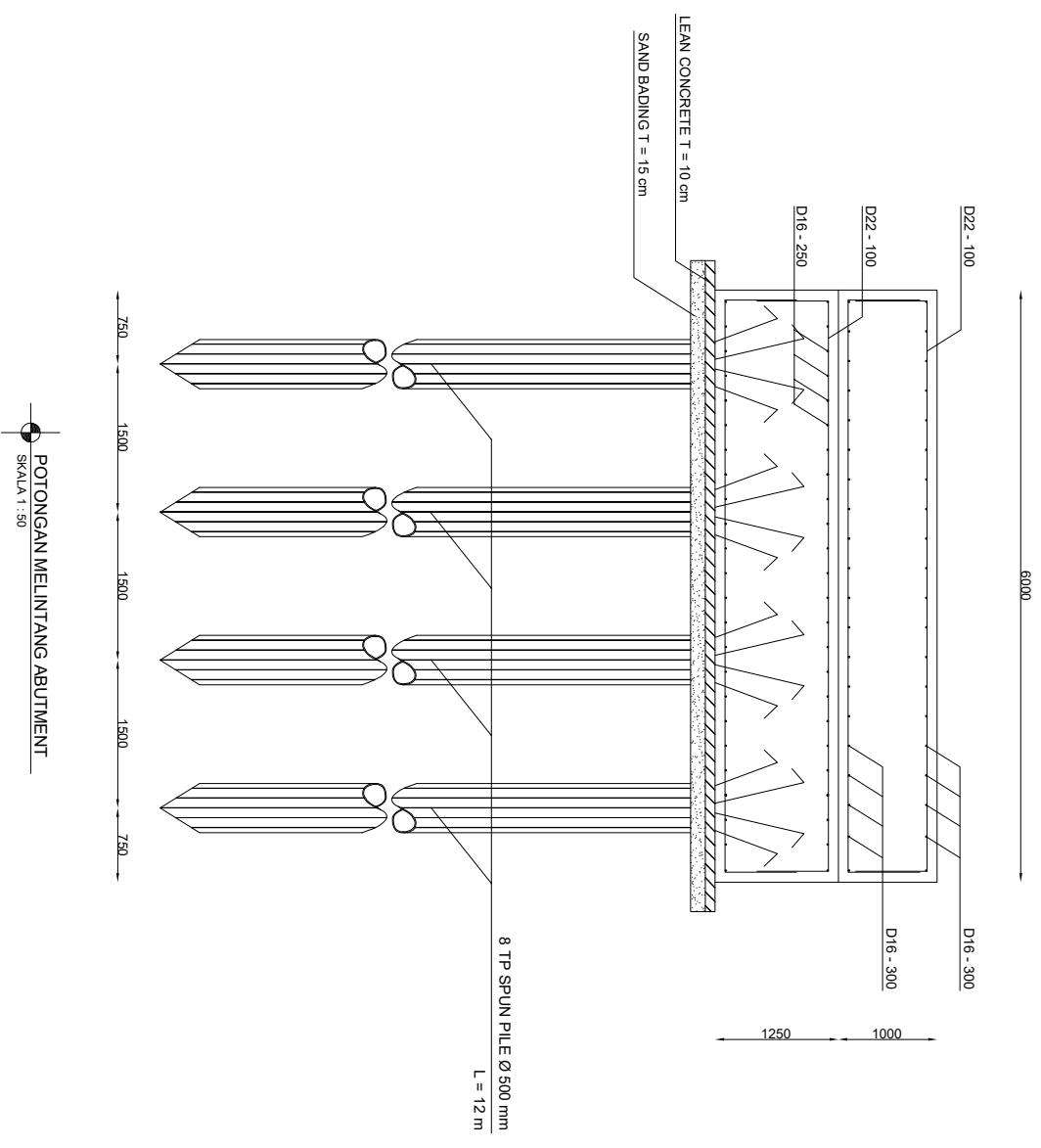
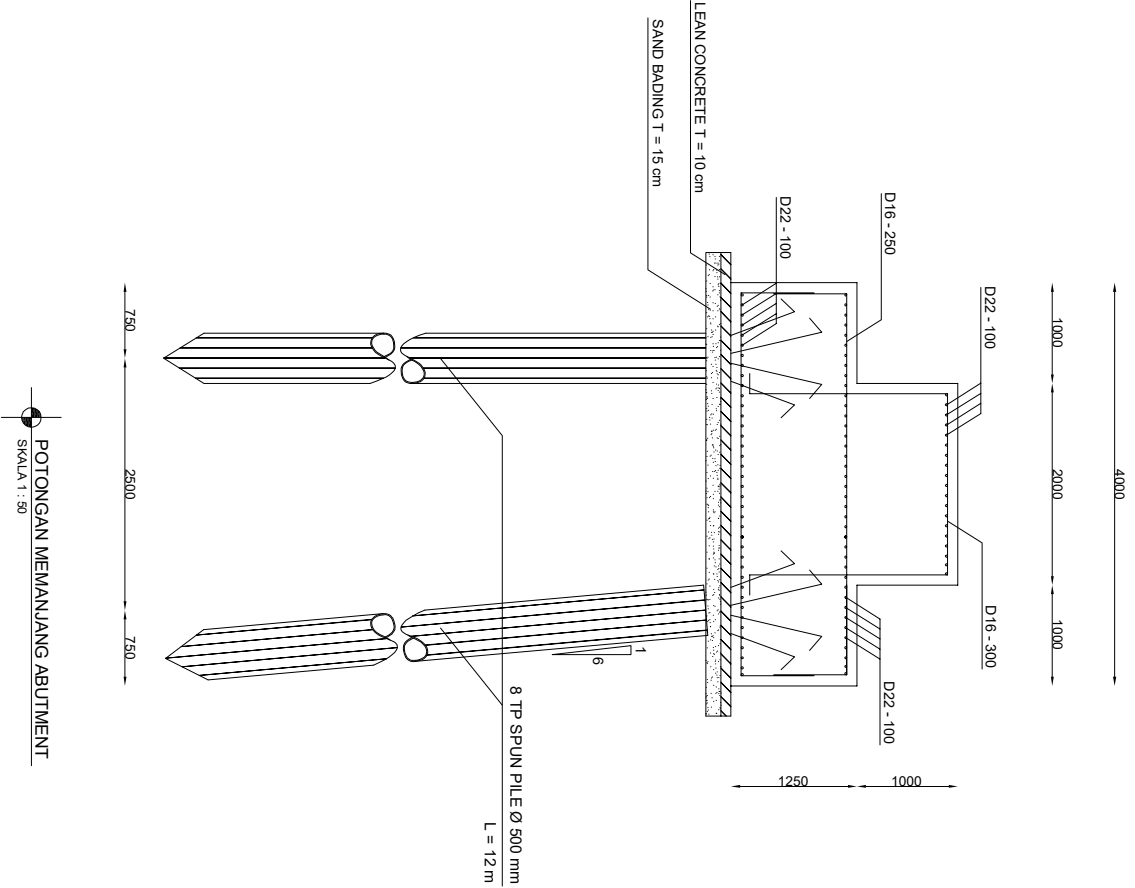


DETAIL - 5
SKALA 1 : 10

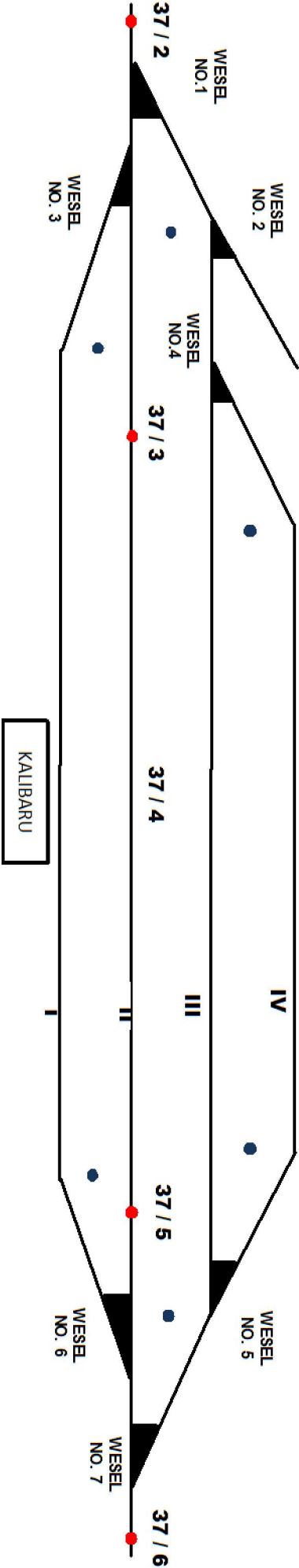


DETAIL - 6
SKALA 1 : 10


 <p>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	<p>DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BERSERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI</p>		<p>DOSEN PEMBIMBING</p> <p><u>IR. CHOMAEDEHI, CES, GEO</u> NIP. 19550319 198403 1 001</p>	<p>MAHASISWA</p> <p><u>DWIKI PRATAMA PUTRA</u> NRP. 3113041027</p>	<p>JUDUL GAMBAR</p> <p>TAMPAK JEMBATAN KERETA API BH 200 KM 46+274</p>	<p>KETERANGAN</p>



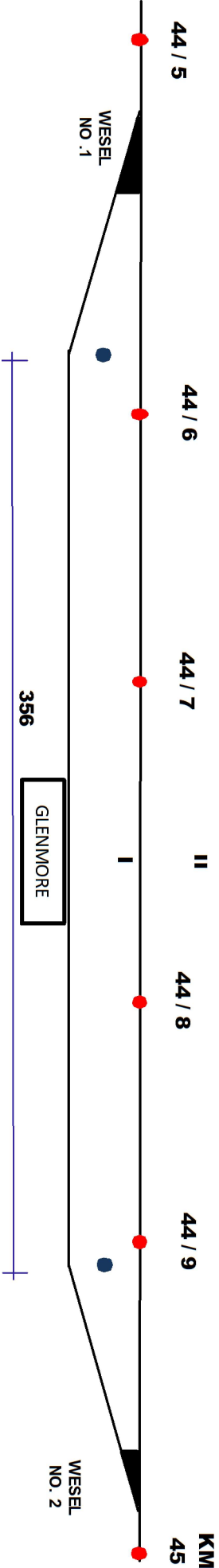
EMPLASEMEN ST. KALIBARU
KM 37+390
Ketinggian +428 Dari Muka Air Laut



WESEL									
NO	SUDUT	ARAH WESEL		TYPE REL	LIDAH	TERLAYAN		MERK	TAHUN PRODUKSI
		KANAN	KIRI			PUSAT	SETEMPAT		
1	01.10		Kiri	R.42	Pegas	Pusat			1980
2	01.10	Kanan		R.42	Pegas	Pusat			"
3	01.10	Kanan		R.42	Pegas	Pusat			"
4	01.10		Kiri	R.42	Pegas	Pusat			"
5	01.10		Kiri	R.42	Pegas	Pusat			"
6	01.10		Kiri	R.42	Pegas	Pusat			"
7	01.10	Kanan		R.42	Pegas	Pusat			"

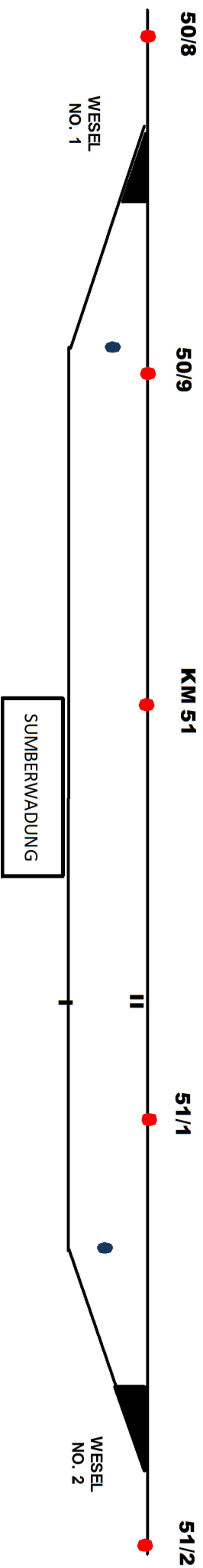
 <p>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI		DOSEN PEMBIMBING		MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	
			JR. CHOMAEDEHI, CES. GEO NIP. 19550319 198403 1 001 AMALIA FIRDAUS M. ST., MT. NIP. 19770218 200501 2 002		DWIKI PRATAMA PUTRA NIP. 3113041027 WESEL JALAN KERETA API		KETERANGAN	

EMPLASEMEN ST. GLENMORE
KM 44+752
Ketinggian +342 Dari Muka Air Laut



WESEL									
NO	SUDUT	ARAH WESEL		TYPE REL	LIDAH	TERLAYAN		MERK	TAHUN PRODUKSI
		KANAN	KIRI			PUSAT	SETEMPAT		
1	01.10	Kanan		R.42	Pegas	Pusat			1980
2	01.10		Kiri	R.42	Pegas	Pusat			1980

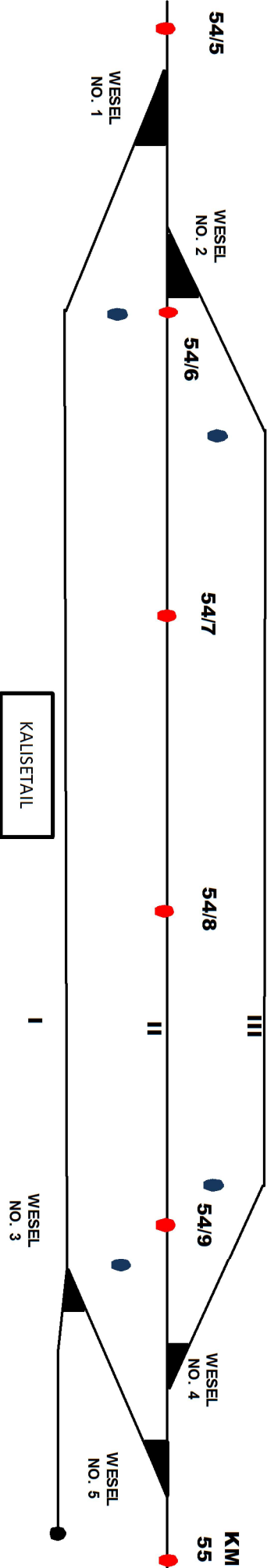
EMPLASEMEN ST. SUMBERWADUNG
KM 50+954
Ketinggian +312 Dari Muka Air Laut



WESEL									
NO	SUDUT	ARAH WESEL		TYPE REL	LIDAH	TERLAYAN		MERK	TAHUN PRODUKSI
		KANAN	KIRI			PUSAT	SETEMPAT		
1	01.10	Kanan		R.42	Pegas	Pusat			1980
2	01.10		Kiri	R.42	Pegas	Pusat			1980

DOSEN PEMBIMBING		MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	
DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI		JR. CHOMAEHDJI, CES.GEO. NIP. 19550319 198403 1 001 AMALIA FIRDAUS M. ST., MT. NIP. 19770218 200501 2 002		WESEL JALAN KERETA API	
ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember		DWIKI PRATAMA PUTRA NRP. 3113041027		KETERANGAN	

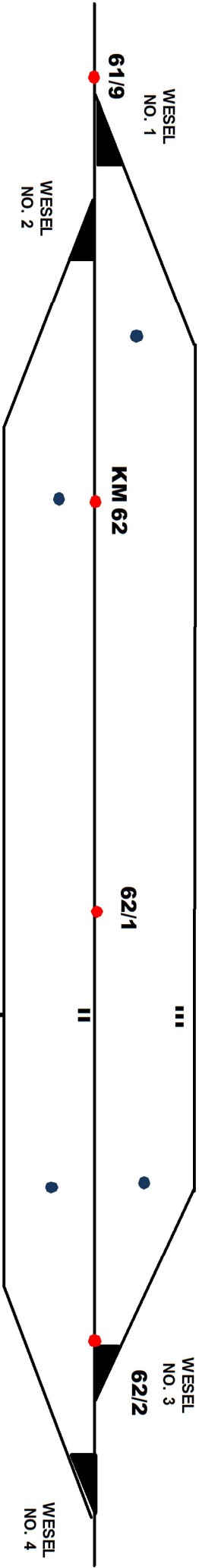
EMPLASEMEN ST. KALISETAIL
KM 54+756
Ketinggian +272 Dari Muka Air Laut



WESEL									
NO	SUDUT	ARAH WESEL		TYPE REL	LIDAH	TERLAYAN		MERK	TAHUN PRODUKSI
		KANAN	KIRI			PUSAT	SETEMPAT		
1	01.10	Kanan		R.42	Pegas	Pusat			1980
2	01.10		Kiri	R.42	Pegas	Pusat			"
3	01.10	Kanan		R.25	Pegas	Pusat			"
4	01.10	Kanan		R.42	Pegas	Pusat			"
5	01.10		Kiri	R.42	Pegas	Pusat			"

DOSEN PEMBIMBING		MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	
DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI		JR. CHOMAEDEHI, CES.GEO NIP. 19650319 198403 1 001 AMALIA FIRDAUS M. ST., MT. NIP. 19770218 200501 2 002		WESEL JALAN KERETA API	
ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember		DWIKI PRATAMA PUTRA NRP. 3113041027		KETERANGAN	

EMPLASEMEN ST. TEMUGURUH
KM 62+090
Ketinggian +96 Dari Muka Air Laut



WESEL									
NO	SUDUT	ARAH WESEL		TYPE REL	LIDAH	TERLAYAN		MERK	TAHUN PRODUKSI
		KANAN	KIRI			PUSAT	SETEMPAT		
1	01.10		Kiri	R.42	Pegas	Pusat			1980
2	01.10	Kanan		R.42	Pegas	Pusat			"
3	01.10	Kanan		R.42	Pegas	Pusat			"
4	01.10		Kiri	R.42	Pegas	Pusat			"



DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN

PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

IR. CHOMAEHDIL, CES. GEO.
NIP. 19550319 198403 1 001
AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002

MAHASISWA

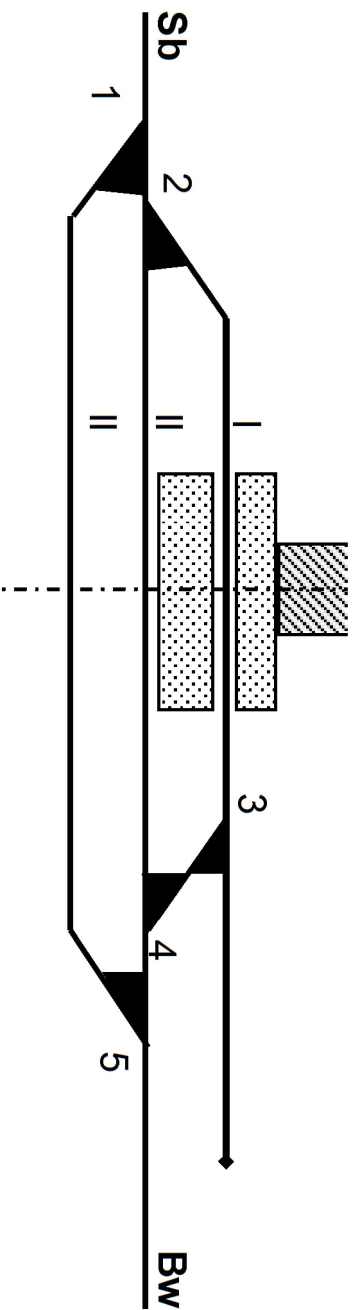
DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

JUDUL GAMBAR

WESEL
JALAN KERETA API

KETERANGAN

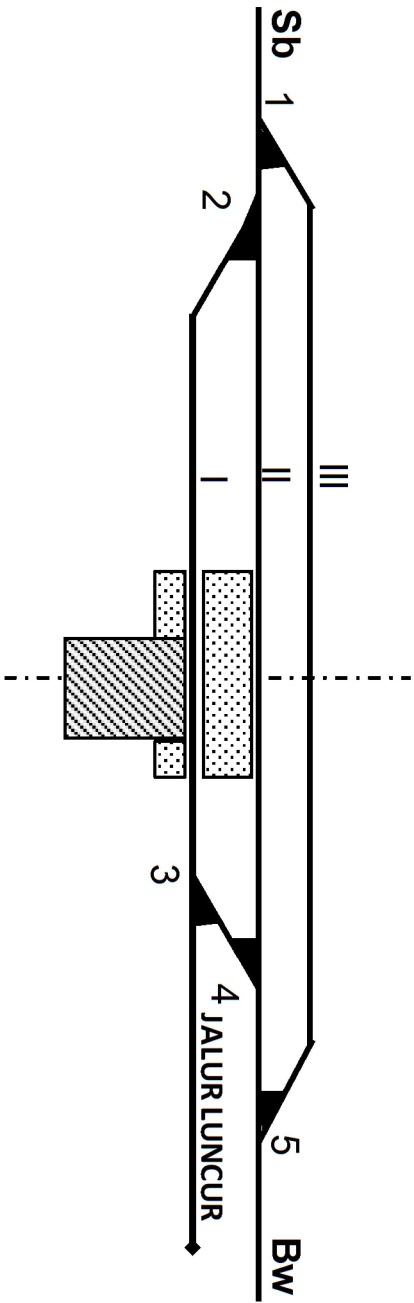
EMPLASEMEN ST. SINGOJURUH
KM 66+306
Ketinggian +428 Dari Muka Air Laut




WESEL							SEPUR EMPLASEMEN				
NO	SUDUT	ARAH WESEL		TYPE REL	LIDAH	TERLAYAN		NO SEPUR	TYPE REL	PANJANG FISIK	PANJANG TERPAKAI
		KANAN	KIRI			PUSAT	SETEMPAT				
1	1:10	Ya	-	R.42	Pegas	Ya	-	I	R.25	158,5	119,5
2	1:10	-	Ya	R.42	Pegas	Ya	-	II	R.42	216,9	171
3	1:10	Ya	-	R.25	Pegas	Ya	-	III	R.25	215,5	150
4	1:10	Ya	-	R.42	Pegas	Ya	-	II	R.25	126	
5	1:10	-	Ya	R.42	Pegas	Ya	-	1	R.25		

DOSEN PEMBIMBING		MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	
DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI		JR. CHOMAEHDJI, CES. GEO. NIP. 19550319 198403 1 001 AMALIA FIRDAUS M. ST., MT. NIP. 19770218 200501 2 002		WESEL JALAN KERETA API	
ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember		DWIKI PRATAMA PUTRA NRP. 3113041027		KETERANGAN	

EMPLASEMEN ST. ROGOJAMPI
KM 72+197
Ketinggian +428 Dari Muka Air Laut



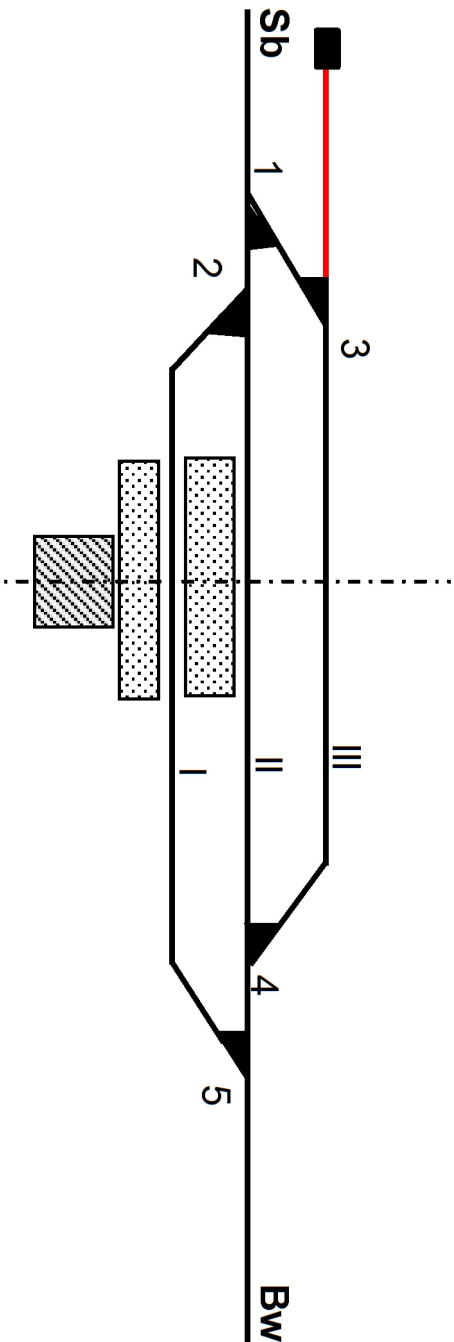
WESEL							SEPUR EMPLASEMEN				
NO	SUDUT	ARAH WESEL		TYPE REL	LIDAH	TERLAYAN		NO SEPUR	TYPE REL	PANJANG FISIK	PANJANG TERPAKAI
		KANAN	KIRI			PUSAT	SETEMPAT				
1	1:10	-	Ya	R.42	Pegas	Ya	-	I	R.25	217,8	161,8
2	1:10	Ya	-	R.42	Pegas	Ya	-	II	R.42	271	218
3	1:10	-	Ya	R.25	Putar	Ya	-	III	R.25	271,5	212
								jalur luncur			
4	1:10	-	Ya	R.42	Pegas	Ya	-				
5	1:10	Ya	-	R.42	Pegas	Ya	-				

 <div>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI		DOSEN PEMBIMBING		MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	
	JR. CHOMAEHDJI, CES. GEO. NIP. 19550319 198403 1 001 AMALIA FIRDAUS M. ST., MT. NIP. 19770218 200501 2 002		DWIKI PRATAMA PUTRA NRP. 3113041027		WESEL JALAN KERETA API		KETERANGAN	


EMPLASEMEN ST. KARANGASEM

KM 6+855

Ketinggian +428 Dari Muka Air Laut

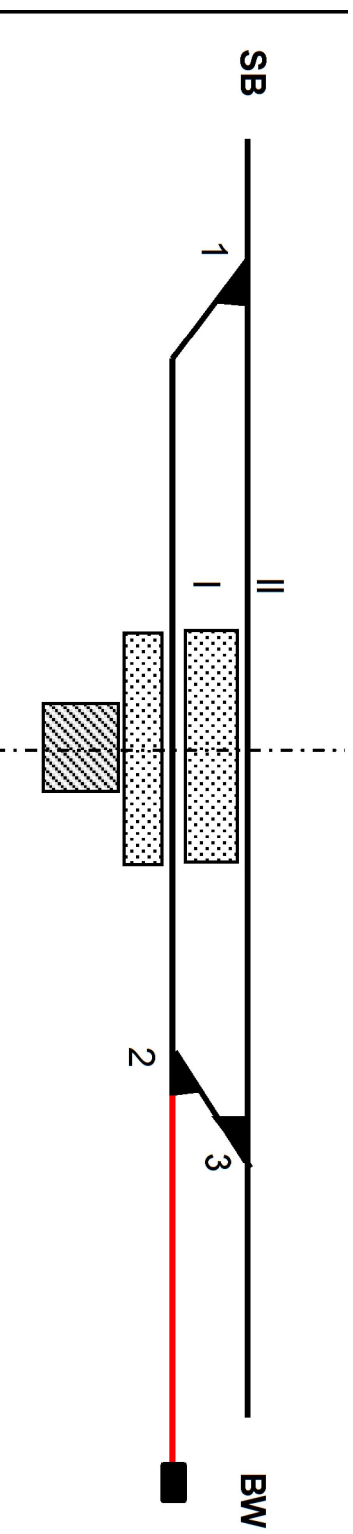


WESEL							SEPUR EMPLASEMEN				
NO	SUDUT	ARAH WESEL		TYPE REL	LIDAH	TERLAYAN		NO SEPUR	TYPE REL	PANJANG FISIK	PANJANG TERPAKAI
		KANAN	KIRI			PUSAT	SETEMPAT				
1	1:10	-	Ya	R.42	Pegas	Ya	-	I	R.33	504	451
2	1:10	Ya	-	R.42	Pegas	Ya	-	II	R.42	534,5	576
3	1:10	-	Ya	R.42	Pegas	Ya	-	III	R.33	509,6	459,1
4	1:10	Ya	-	R.42	Pegas	Ya	-	Baduk		156	
5	1:10	-	Ya	R.42	Pegas	Ya	-				

DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN		DOSEN PEMBIMBING		MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI		JR. CHOMAEDEHI, CES. GEO. NIP. 19550319 198403 1 001 AMALIA FIRDAUS M. ST., MT. NIP. 19770218 200501 2 002		DWIKI PRATAMA PUTRA NRP. 3113041027		WESEL JALAN KERETA API	
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember						KETERANGAN	

KM 12+630

Ketinggian +428 Dari Muka Air Laut



WESEL							SEPUR EMPLASEMEN				
NO	SUDUT	ARAH WESEL		TYPE REL	LIDAH	TERLAYAN		NO SEPUR	TYPE REL	PANJANG FISIK	PANJANG TERPAKAI
		KANAN	KIRI			PUSAT	SETEMPAT				
1	1:10	Ya	-	R.42	Pegas	Ya	-	I	R.33	586,4	528,4
2	1:10	-	Ya	R.42	Pegas	Ya	-	II	R.42	595	555
3	1:10	-	Ya	R.42	Pegas	Ya		Baduk		126	

DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN
PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE
BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI

DOSÉN PEMBIMBING

MAHASISWA

JUDUL GAMBAR

KETERANGAN

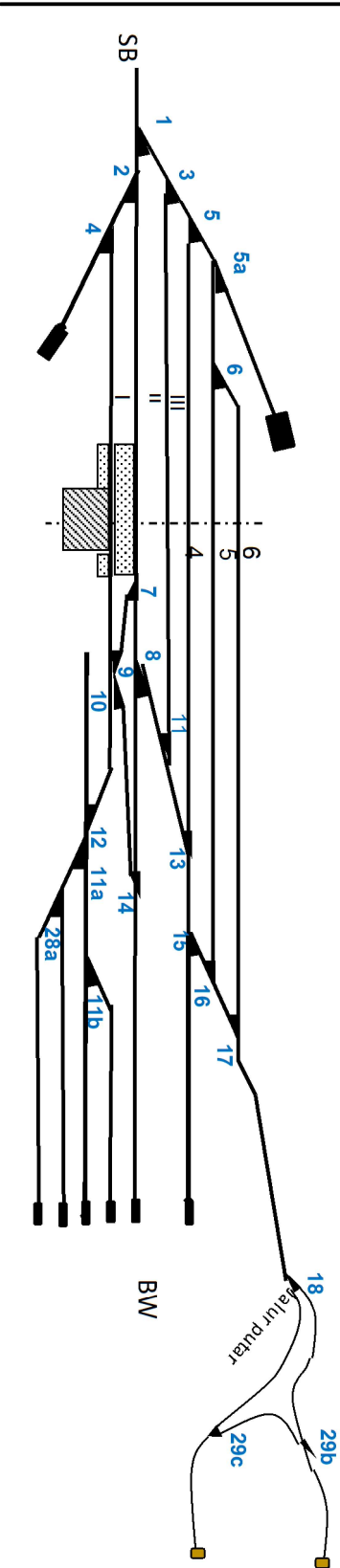
IR. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

AMALIA FIRDAUS M. ST., MT.
NIP. 19770218 200501 2 002


DWIKI PRATAMA PUTRA
NRP. 3113041027

WESEL
JALAN KERETA API

EMPLASEMEN ST. BANYUWANGI BARU
KM 18+484
Ketinggian +428 Dari Muka Air Laut



WESEL										JALUR EMPLASEMEN			
NO	SUDUT	ARAH WESEL		TYPE REL	LUDAH	TERLAYAN		NO JALUR	TYPE REL	PANJANG RISIK	PANJANG TERPAKAI		
		Kiri	Kanan			PUSAT	SETEMPAT						
1	1:10	KI		R 42	Pegas	Ya	-	I	R 42	509	344		
2	1:10		KA	R 42	Pegas	Ya	-	II	R 42	546	344		
3	1:10		KA	R 42	Pegas	Ya	-	III	R 42	497	351		
4	1:10		KA	R 42	Pegas	Ya	-	4	R 42	536	334		
5	1:10		KA	R 42	Pegas	Ya	-	5	R 33/42	478	346		
5A	1:10		KA	P 38	Pegas	Ya	-	6	R 33	434	386		
6	1:10	KI		R 42	Pegas	Ya	-	Sp Dipo Loc	R 42	75			
7	1:10		KA	R 42	Pegas	Ya	-	Sp Dipo Mt 1	R 42/R 3	205			
8	1:10	KI		R 42	Pegas	Ya	-	Sp Dipo Mt 2	R 42/R 3	182			
9	1:10		KA	R 42	Pegas	Ya	-	Sp Dipo C1	R 42	263			
10	1:10		KA	R 42	Pegas	Ya	-	Sp Dipo C2	R 42	267			
11	1:10		KA	R 42	Pegas	Ya	-	Sp Puter	R 33	564			
11a	1:10		KA	R 42	Pegas	-	ya	Muti Bongkar	R 42	128			
11b	1:10	KI		R 42	Pegas	-	ya	Luncur 1	R 42	121			
12	1:10		KA	R 42	Pegas	Ya	-	Luncur 2	R 42	147			
13	1:10	KI		R 42	Pegas	Ya	-	Luncur 3	R 42	100			
14	1:10	KI		R 42	Pegas	Ya	-						
15	1:10	KI		R 42	Pegas	Ya	-						
16	1:10		KA	R 42	Pegas	Ya	-						
17	1:10	KI		R 42	Pegas	Ya	-						
18	1:10	KI		R 42	Pegas	Ya	-						
28a	1:10		KA	R 42	Pegas	-	ya						
29b	1:10		KA	R 42	Pegas	-	ya						
29c	1:10	KI		R 42	Pegas	-	ya						

 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	DESAIN GEOMETRIK, STRUKTUR, BESERTA METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALUR REL GANDA (DOUBLE TRACK) TRASE BANYUWANGI BARU-KALIBARU, KAB. BANYUWANGI	DOSEN PEMBIMBING		MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	
		JR. CHOMAEHDIL, CES. GEO NIP. 19550319 198403 1 001		DWIKI PRATAMA PUTRA NRP. 3113041027		WESEL JALAN KERETA API	
		AMALIA FIRDAUS M. ST., MT. NIP. 19770218 200501 2 002		KETERANGAN			



Dwiki Pratama Putra, penulis dilahirkan di Banyuwangi, 20 Juli 1994, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri 1 Rogojampi, SMP Negeri 1 Rogojampi, SMA Negeri 1 Giri Banyuwangi. Setelah lulus dari SMA tahun 2013, penulis melanjutkan kuliah di Program Studi D-IV Teknik Infrastruktur Sipil ITS pada tahun 2013

dan terdaftar dengan NRP 3113.041.027.

Pada Program Studi D-IV Teknik Infrastruktur Sipil ini penulis mengambil Bidang Studi Bangunan Transportasi. Penulis pernah aktif dalam kepanitiaan D’VILLAGE 2014 dan 2015 yang diselenggarakan oleh Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS. Selain itu penulis juga aktif dalam berbagai pelatihan kemahasiswaan dan seminar baik nasional maupun internasional.

Ketertarikan pada bidang Jalan Kereta Api, membawa penulis untuk menjadikannya tugas akhir terapan. Oleh karena itu, semua saran diharapkan dapat diberikan oleh pembaca dan disampaikan melalui email dwiki.pratama.putra@gmail.com